

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

Інженерно-хімічний факультет

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв**

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ

(підпис) Я.М. Корнієнко

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

освітня програма (спеціалізація): Обладнання хімічних,
нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

**на тему: Розроблення холодильної частини для модернізації
картоноробної машини**

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-82мп
Холод Ігор Іванович

Керівник дисертації асистент Я.В. Гробовенко
Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

розробка стартап-проекту
канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна

технологія виготовлення кришки
канд. техн. наук, старш. викл. Я.Г. Двойнос

автоматичний контроль і керування процесом
канд. техн. наук, доцент А.Ю. Сазонов

Рецензент

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”**

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітнього ступеня – «Магістр»

спеціальність: 133 - Галузеве машинобудування

освітня програма (спеціалізація): Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я.М. Корнієнко
«___» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Холоду Ігорю Івановичу

1. Тема дисертації: «Розроблення холодильної частини для модернізації картоноробної машини»

затверджена наказом № 3807-с по університету від «01» листопада 2019 р.

2. Термін здачі студентом закінченого проекту: 04 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту: Швидкість картоноробної машини – 600 м/хв, обрізна ширина картону – 4,25 м, маса квадратного метру картону – 175 г/м², температура картону початкова – 100 °С, температура картону кінцева – 65°С, початкова сухість картонного полотна $S_{\text{п}} = 96\%$; кінцева сухість картонного полотна $S_{\text{к}} = 95\%$.

4. Перелік питань, які мають бути розроблені:

а) основна частина: розглянути існуючі конструкції та обґрунтувати вибір конструкцій холодильної частини та холодильного циліндру, проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з аналогами, виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій, а саме,

технологічний, параметричний, конструктивний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкцій цих апаратів;

б) охорона праці: провести аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата.

в) маркетинг стартап-проектів: створити стартап-проект модернізованого апарату;

г) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення кришки головки, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій для свердління.

д) автоматизація: частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування формуючої частини; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо

складальні креслення: холодильна частина – А2×3; головка водяна – А2×3; циліндр холодильний – А1; сітконатяжка – А2×3; шабер – А2×3; трьохкулачковий патрон з пневмозажимом – А1, схема автоматизації холодильної частини КРМ – А2, плакат – А3.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І.М.		
Розробка стартап-проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення кришки	Двойнос Я.Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Сазонов А.Ю.		

7. Дата видачі завдання 02 вересня 2019 р.

Реферат

УДК 676.2.052

Пояснювальна записка до магістрської дисертації освітнього ступеня “Магістр” на тему: “Розроблення холодильної частини для модернізації картоноробної машини” / “КПІ ім. Ігоря Сікорського”; Керівник – Гробовенко Я.В., Виконавець – Холод І.І.

Пояснювальна записка складається з вступу, восьми розділів, висновку, 5 додатків до додатків, переліку посилань з 25 найменувань. Загальний обсяг записки складає 176 сторінок основного тексту, 30 рисунків, 30 таблиць.

Метою проекту є модернізація холодильної групи картоноробної машини. Розроблена холодильна група дозволяє збільшити ефективність відводу тепла від картонного полотна, що дозволяє зменшити витрати холодоагенту.

В проекті розроблено холодильну групу картоноробної машини, виконано її теплові та енергетичні розрахунки. Проведено конструктивні розрахунки основних елементів конструкції: сушильного циліндра, кришок циліндра, цапф, сіткоправки автоматичної, виконано розрахунок потужності привода.

ПАПР, ПАПЕРОВЕ ПОЛОТНО, ПАПЕРОРобНА МАШИНА, ХОЛОДИЛЬНА ЧАСТИНА, ХОЛОДИЛЬНА ГРУПА, ХОЛОДИЛЬНИЙ ЦИЛІНДР, ХОЛОДИЛЬНИЙ ЦИЛІНДР

Реферат

УДК 676.2.052

Пояснительная записка к магистерской диссертации образовательного степени "Магистр" на тему: "Разработка холодильной части для модернизации картоноделательной машины" / "КПИ им. Игоря Сикорского "; Руководитель - Гробовенко Я.В., Исполнитель - Холод И.И.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения, 5 приложений приложений, списка ссылок с 25 наименований. Общий объем записки составляет 176 страничек основного текста, 30 рисунков, 30 таблиц.

Целью проекта является модернизация холодильной группы картоноделательной машины. Разработанная холодильная группа позволяет увеличить эффективность отвода тепла от картонного полотна, что позволяет уменьшить расходы хладагента.

В проекте разработаны холодильную группу картоноделательной машины, выполнено ее тепловые и энергетические расчеты. Проведено конструктивные расчеты основных элементов конструкции: сушильного цилиндра, крышек цилиндра, цапф, ситкоправки автоматической, произведен расчет мощности привода.

БУМАГА, бумажное полотно, бумагоделательных машин, Холодильная ЧАСТЬ, Холодильная ГРУППА, холодильные ЦИЛИНДР, холодильные ЦИЛИНДР

Abstract

UDC 676.2.052

Explanatory note to the master's thesis of educational degree "Master" on the topic: "Development of the refrigerating part for the modernization of the cardboard machine" / "KPI them. Igor Sikorsky "; Head - Grobovenko YV, Performer - Kholod II

The explanatory note consists of an introduction, eight sections, a conclusion, 5 appendices, a list of links of 25 titles. The total volume of the note is 176 pages of body text, 30 figures, 30 tables.

The aim of the project is to modernize the cardboard refrigeration unit. The developed refrigeration group allows to increase efficiency of heat removal from a cardboard cloth that allows to reduce expenses of a refrigerant.

The project has developed a refrigerating group of cardboard machine, its thermal and energy calculations have been performed. Constructive calculations of the basic elements of the design are carried out: drying cylinder, cylinder covers, axles, automatic correction grid, calculation of the power of the actuator.

PAPER, PAPER FABRICS, PAPER MACHINE, REFRIGERANT, REFRIGERATION GROUP, REFRIGERATION CYLINDER, REFRIGERATION CYLINDER

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	10
Вступ	12
1 Призначення та область застосування холодильної частини картоноробної машини	13
1.1 Опис технологічного процесу	14
1.2 Вибір типу холодильних циліндрів та їх місце в технологічній схемі картоноробної машини	16
2 Технічна характеристика	19
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції.....	20
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей холодильної частини картоноробної машини	20
3.2 Вибір матеріалів	23
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції холодильної частини з аналогами	24
3.4 Патентне дослідження	25
4 Розрахунки що підтверджують працездатність та надійність конструкції.....	33
4.1 Визначення температурних полів у картонному полотні.....	33
4.2 Розрахунок необхідної кількості циліндрів	38
4.3 Силовий розрахунок	44
4.4 Розрахунок корпусу циліндра.....	45

					ЛН82.705441.001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Пензєв О.С.			Модернізація холодильної частини картоноробної машини	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Новохат О.А.					8	90
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського ІХФ, каф. МАХНВ		
Н. Контр.		Зайцев С.В.						
Затверд.								

4.5 Розрахунок оболонки циліндра, що знаходиться під внутрішнім тиском	47
4.6 Розрахунок цапф.....	48
4.7 Розрахунок кришки циліндра.....	50
4.8 Розрахунок болтів.....	52
4.9 Вибір і розрахунок підшипників	56
4.10 Розрахунок механізму сіткоправки	58
4.11 Визначення потужності приводу.....	59
4.12 Вибір двигуна	61
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	63
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації холодильної частини	74
7 Рівень стандартизації та уніфікації	76
8 Розроблення стартап-проекту.....	77
Висновки	91
Выводы	92
Conclusion.....	93
Перелік посилань	94
Додаток А Технологічний процес виготовлення кришки головки	98
Додаток Б Автоматизація холодильної частини КРМ.....	110
Додаток В Документація до патентного дослідження	116
Додаток Г Патенти, які використані в патентному дослідженні.....	119
Додаток Д Публікації автора.....	176

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Скорочення:

КРМ – картоноробна машина;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
ЦПВ – целюлозно-паперове виробництво;
КНР – Китайська Народна Республіка;
США – Сполучені Штати Америки;
РФ – Російська Федерація;
ПрАТ – Приватне акціонерне товариство.

Умовні позначення:

B – ширина полотна, м;
 V – швидкість, м/с;
 D, d – діаметри, м;
 δ – товщина корпусу циліндра; м;
 $n_{\text{ц}}$ – кількість циліндрів; шт.;
 m – маса, кг;
 N – потужність, Вт;
 $n_{\text{об}}$ – частота обертання циліндра, 1/с;
 $G_{\text{ас}}$ – продуктивність машини по абсолютно сухому картону; кг/с;
 $G_{\text{в}}$ – витрати води на охолодження; кг/с;
 u – вологовміст; кг/кг;
 t – температура, °С;
 p – тиск повітря, МПа;
 R – реакція в опорах; Н;
 α_1 – коефіцієнт тепловіддачі від картону до поверхні циліндру, Вт/(м²·К);
 α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні циліндру до води, Вт/(м²·К);

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

A – відстань між підшипниками, м;
 L – довжина корпусу циліндра, м;
 z – кількість болтів; шт.;
 τ – час, с;
 S – сухість полотна, %;
 k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);
 I – момент інерції, м⁴;
 W – момент опору, м³;
 M – момент згинальний, Н·м;
 σ – напруження при згині, Па;
 E – модуль пружності матеріалу, Па;
 ρ – густина матеріалу, кг/м³;
 Nu – критерій Нуссельта;
 Re – критерій Рейнольдса;
 Pr – критерій Прандтля;
 r – питома теплота пароутворення, кДж/кг;
 C – теплоємність, кДж/(кг К);
 f – коефіцієнт тертя для роликового підшипника;
 X – коефіцієнт радіального навантаження;
 Y – коефіцієнт осьового навантаження;
 k_k – коефіцієнт обертання;
 k_T – температурний коефіцієнт;
 k_δ – коефіцієнт безпеки;
 L^0 – довговічність підшипника, млн. об;
 n – коефіцієнт запасу міцності.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		11

Вступ

Основними напрямками розвитку целюлозно-паперової промисловості є збільшення продуктивності картоноробних машин (КРМ), а також покращення якості випускаємої паперової продукції, що, здебільшого, залежить від ефективності процесу охолодження картонного полотна на холодильній частині КРМ.

Оскільки останнім часом значно зросли вимоги до якості картону, виникла необхідність створення більш ефективного обладнання для його виготовлення та охолодження. Експлуатація холодильних циліндрів показала, що вони надають картону необхідні фізико-механічні властивості, роблять його більш еластичним, а також запобігають електризації та окисненню картону. Тому робота по модернізації холодильної частини КРМ є актуальною.

Метою даного проекту є модернізація холодильної частини КРМ, що дозволить покращити теплопередачу від холодоагенту до картонного полотна. А інтенсифікація цього процесу зменшить витрати холодоагенту.

Для досягнення поставленої мети необхідно: описати конструкцію холодильної частини КРМ та основних її складальних одиниць та деталей, обґрунтувати вибір матеріалів. Потрібно порівняти основні показники розробленої конструкції з аналогами, провести патентні дослідження та навести заходи по охороні праці. Також необхідно зробити параметричний розрахунок холодильного циліндра та розрахунки на міцність основних деталей та вузлів конструкції; надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації та визначити рівень стандартизації та уніфікації холодильної частини. Потрібно виконати техніко-економічне обґрунтування модернізації холодильного циліндра; розробити необхідні креслення

Завдання на дипломний проект одержано 2 вересня 2019 року після проходження виробничої практики в ПрАТ «Київський картоно-паперовий комбінат» в м. Обухів.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

1 Призначення та область застосування холодильної частини картоноробної машини

Холодильна частина призначена для охолодження картону на картоноробних машинах. Вона складається з одного або декількох холодильних циліндрів які, зазвичай, знаходяться в кінці сушильної частини.

На холодильних циліндрах картон охолоджується і зволожується на 1–2%, завдяки чому стає більш пластичним. Одночасно зростає і ступінь його подовження до розриву. Все це полегшує пропуск картону через машинний каландр, так як сухий та пересушений картон через малу розтяжність і ламкість волокон часто рветься та погано вигладжується між валами машинного каландра. Зволоження картонного полотна перед машинним каландром запобігає скупченню на поверхні картону електростатичного заряду, що виникає при терті сухою картону, а також при його намотуванні в рулони на накаті [1].

При виготовленні картону на картоноробній машині важко отримати висušений картон з рівномірною вологістю. Часто після сушки в картоні спостерігаються поздовжні сирі смуги, поява яких може бути викликана різними причинами [2] : нерівномірністю розливу маси при її виході на сітку машини, дефектами бомбування пресових валів, засміченням пресових сукон та ін. Загальне пересушування картонного полотна підвищує його жорсткість і крихкість, пилоємність, знижує величини опору зламу і подовження картону до розриву, а також при цьому виникає електростатичний заряд. Тому для ліквідації пересушування картону і пов'язаних з ним дефектів практикують зволоження картону на холодильних циліндрах.

Холодильний циліндр належить до обладнання целюлозно-паперової промисловості також може бути використаний у текстильній та полімеропереробній промисловостях.

Отже, в магістрській дисертації розроблено холодильний циліндр картоноробної машини, який призначений для ефективного рівномірного охолодження.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		13

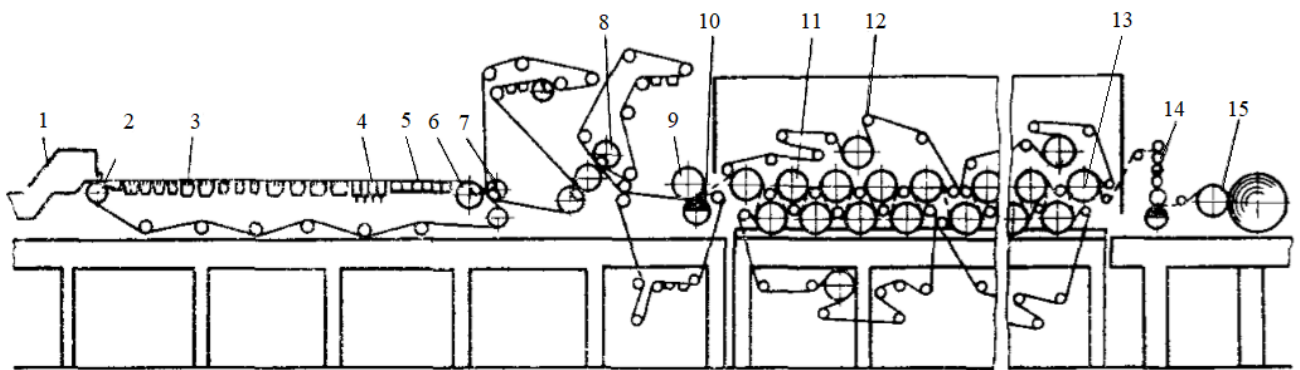
1.1 Опис технологічного процесу

Схема картоноробної машини для одержання картону зображена на рисунку 1.1 [3].

Картоноробна машина складається з сіткової, пресової і сушильної частини, каландру та накату.

Підготовлена картонна маса накопичується в басейнах, звідти через пристрої концентрації подається на очищення.

Потім маса із концентрацією 0,1–1,3% потрапляє в напірний ящик, звідки через напускну щілину випускається по всій ширині машини на швидко рухаючу нескінченну металеву сітку.



1 – напірний ящик; 2 – грудний вал; 3 – гідропланка; 4 – мокрий відсмоктуючий ящик; 5 – відсмоктуючий ящик; 6 – гауч-вал; 7 – пересмоктуючий вал; 8 – відсмоктуючий пресовий вал; 9 – гранітний вал; 10 – пресовий вал з регулюючим прогином; 11 – сушильний циліндр; 12 – сукно ведучий вал; 13 – холодильний циліндр; 14 – вали каландра; 15 – циліндр накату;

Рисунок 1.1 – Схема картоноробної машини

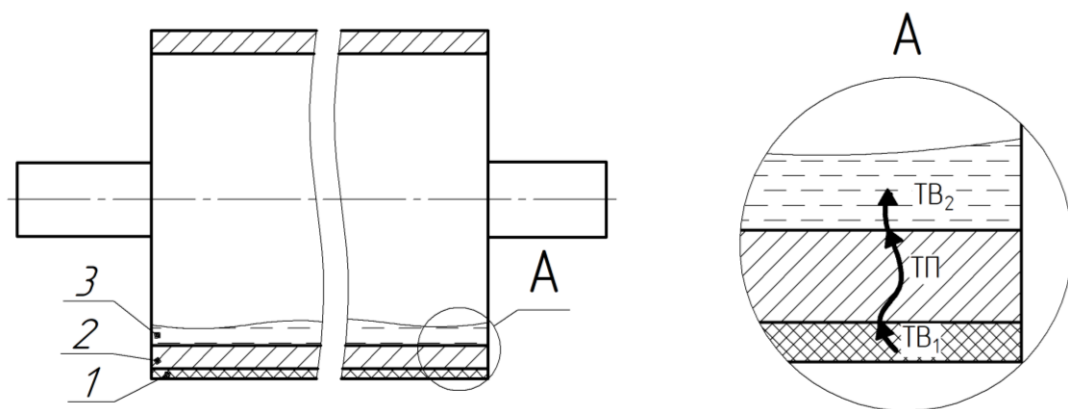
В сітковій частині машини починається відлив та формування картонного полотна, під час, якої відбувається видалення із картонної маси більшої кількості води. Потім картонне полотно переходить на гауч-прес. Сухість картонного полотна після гауч-пресу складає 17–23%.

З сіткової частини картонне полотно прямує на пресову частину, яка зазвичай складається декількох пересів, зазвичай 2-3, де воно поступово

зневоднюється до сухості 26–41%. Далі картонне полотно потрапляє на сушильну частині КРМ.

Конструктивно сушильна частина містить тонкостінні циліндри (здебільшого чавун), в які в середину подається пара. Сушильні циліндри монтуються в один, два, або три ряди розташовуючись в шаховому порядку. Картонне полотно проходить по циліндрах, дотикаючись по черзі до верхніх і нижніх циліндрів змінюючи сторону своєї поверхні полотна. Після сушильної частини сухість картонного полотна складає 91–96%, а температура 80–110°C.

Після сушильної частини картон з циліндрів сушильних потрапляє на групу холодильних циліндрів. Які дозволяють охолодити картон до 50–65°C та частково його зволожити, зробивши більш м'яким та еластичним [4]. Охолодження відбувається наступним чином (рисунок 1.2): картонне полотно віддає теплоту зовнішній стінці циліндра тепловіддачею. Через товщину чугунної стінки теплота переноситься теплопровідністю. А від внутрішньої поверхні циліндра теплота передається охолодній воді тепловіддачею. Тобто між картонним полотном та охолодною водою в цілому теплота переноситься теплопередачею [5].



1 – картонне полотно; 2 – оболонка циліндра; 3 – охолодна вода;

TB_1 – тепловіддача від картонного полотна до поверхні холодильного циліндра;

TP – теплопровідність через стінку холодильного циліндра;

TB_2 – тепловіддача від стінки холодильного циліндра до охолодної води

Рисунок 1.2 – Процес передачі тепла від картонного полотна до охолодної води

Цей процес призводить до покращення під час наступного процесу обробки полотна в машинному каландрі, що надає необхідні фізико-механічні властивості і запобігає електризації та окисненню картону.

Картонне полотно проходить через каландр. Каландр призначений для ущільнення картону та підвищення гладкості і лоску. В основі каландру знаходиться 3-10 валів з чавуну, що тонко відшліфовані. Вони знаходяться один над одним. Огинаючи вали каландру картонне полотно по черзі проходячи кожний вал під тиском який регулюється.

Пройшовши каландр, картонне полотно переходить на накат, де безперервно намотується на тамбурний валик в рулони діаметром від 0,415 до 2,2 м.

У даній роботі проектується холодильний циліндр картоноробної машини .

1.2 Вибір типу холодильних циліндрів та їх місце в технологічній схемі картоноробної машини

Холодильна частина знаходиться в останній групі сушильної частини КРМ (рисунок 1.3). Вона розбивається на кілька приводних груп, між якими підтримується певне співвідношення швидкостей. Це робиться для забезпечення можливості усадки паперового полотна в процесі сушіння.

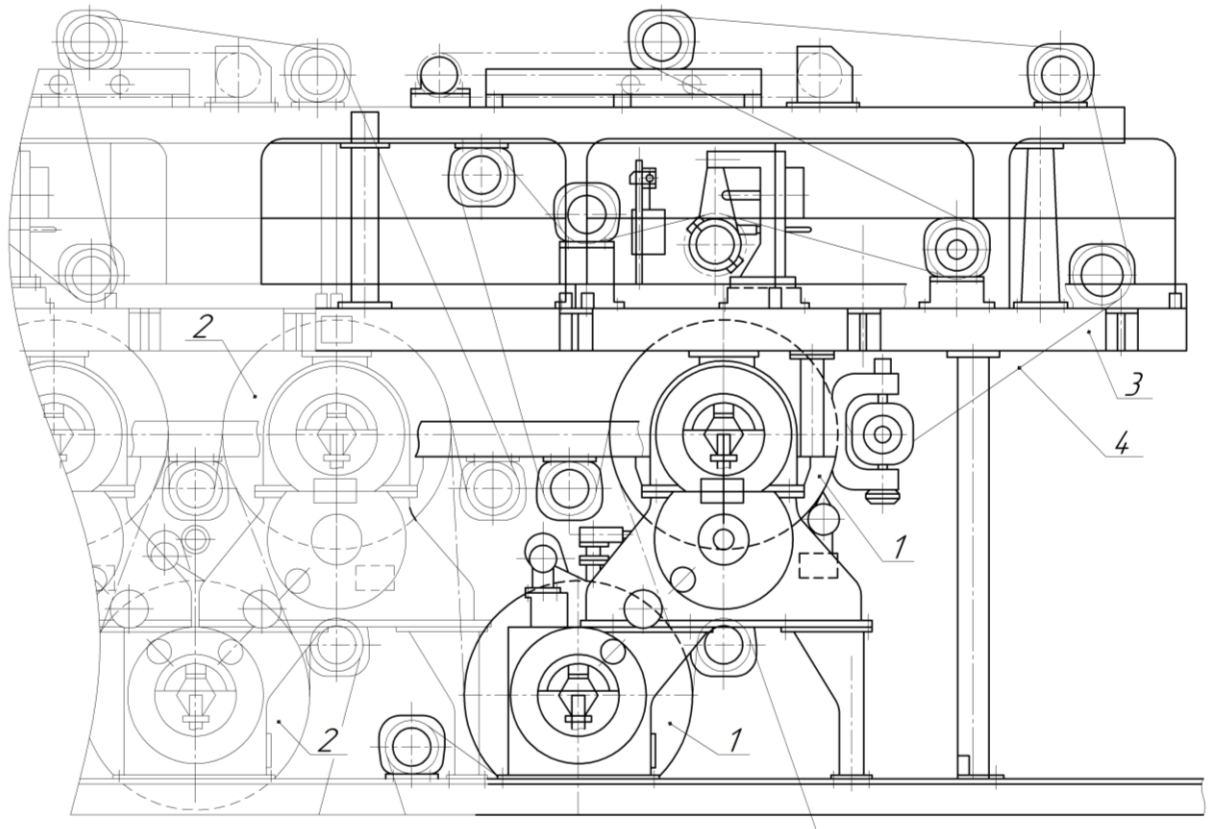
Кількість і склад приводних груп визначаються асортиментом вироблюваної продукції і технологічними параметрами машини. Чим більше усадка полотна, тим менше повинно бути циліндрів в приводній групі. Найбільшу усадку має картон з маси жирного помелу, найменшу - картон з маси помелу, що містить деревну масу.

Найбільшого поширення мають сушильні частини з дворядним шаховим розташуванням циліндрів.

В окремих випадках для вироблення найбільш тонких видів картону, на початку сушильної частини циліндри встановлюються в один ряд для полегшення заправки вологого і нетривкого полотна.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		16

На картоноробних машинах застосовується також триярусна розташування циліндрів, а на сушильних машинах - багатоярусне (5-6 рядів), що скорочує



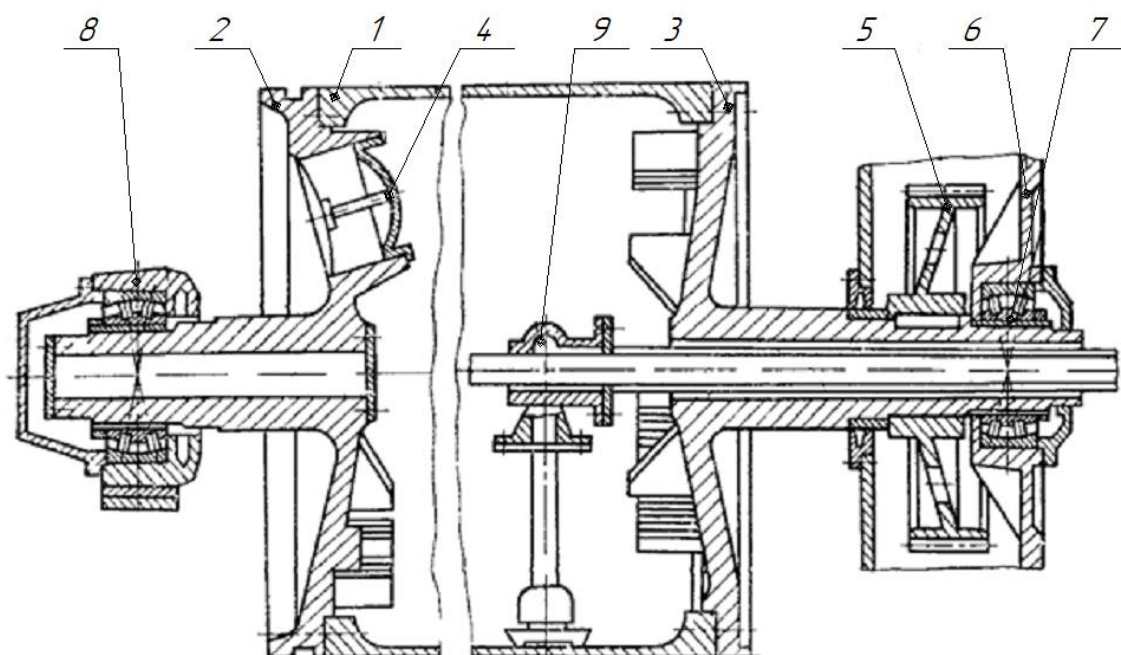
1 – холодильний циліндр; 2 – сушильний циліндр; 3 – станина; 4 – сукно

Рисунок 1.3 – Схема розташування холодильної частини

довжину сушильної частини. При цьому, однак, ускладнюється обслуговування машини.

Холодильні циліндри є основними вузлами холодильної частини картоноробної машини. Найбільше застосування мають циліндри діаметром 1,5 м. Основними частинами холодильного циліндра (рисунок 1.4) [3] є корпус і з'єднанні з ним болтами торцеві кришки з цапфами. Корпус та кришки відливаються з сірого або високоміцного чавуну. В кришці лицевої сторони є герметично закритий люк овальної форми з розміром достатнім для проникнення в циліндр людини для проведення монтажу або ремонту.

Внутрішня поверхня холодильного циліндра розточується, а зовнішня поверхня шліфується. Циліндр динамічно балансується і піддається гідравлічному випробуванню на тиск, що в 1,5 рази перевищує робочий.



1 – оболонка; 2 – кришка ліва; 3 – кришка права; 4 – люк; 5 – зубчате колесо;
6 – корпус; 7 – підшипник; 8 – опора лицевої сторони; 9 – сифон

Рисунок 1.4 – Холодильний циліндр

2 Технічна характеристика

Технічна характеристика холодильної частини картоноробної машини наведена в таблиці 2.1.

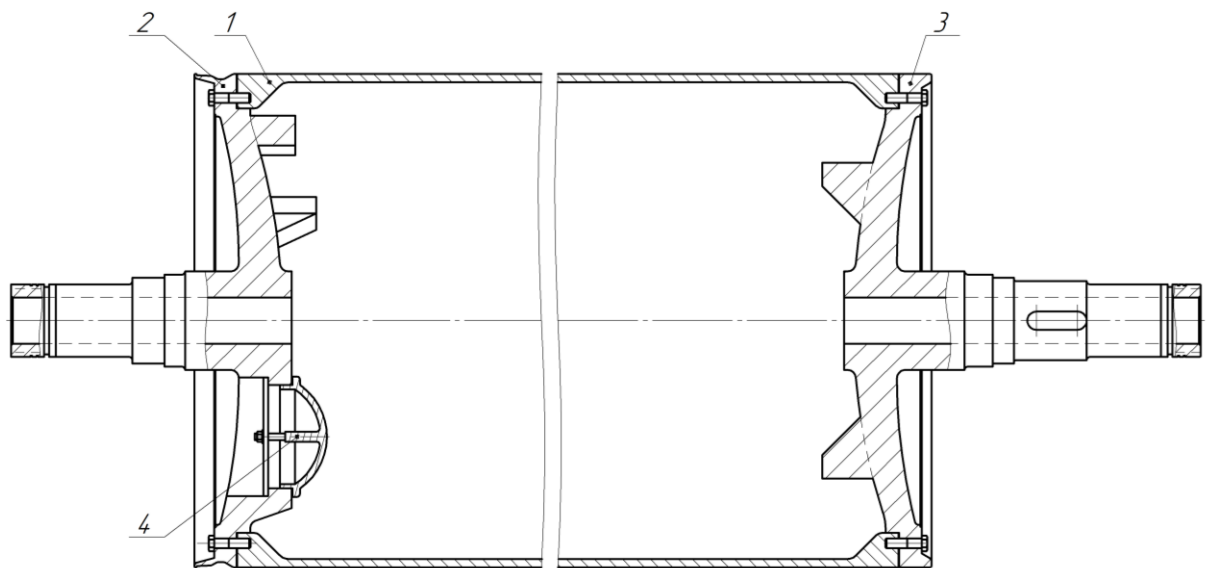
Таблиця 2.1 – Технічна характеристика холодильної частини КРМ

Найменування параметру	Одиниця вимірювання	Величина
Швидкість машини	м/с (м/хв.)	10 (600)
Робочий тиск	МПа	0,5
Діаметр холодильного циліндра	м	1,5
Обрізна ширина картонного полотна	м (мм)	4,25 (4250)
Маса 1 м ² паперу	кг/м ² (г/м ²)	0,175 (175)
Сухість картонного полотна: початкова	%	96
кінцева		95
Температура картонного полотна: початкова	°C	100
кінцева		65
Габаритні розміри: довжина	м	5,94
висота		5,87
ширина		6,69
Маса	кг	546200
Охолодження циліндра		водяне з циркуляцією
Поверхня теплообміну	м ²	27,2
Потужність приводу	кВт	75

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей холодильної частини картоноробної машини

Основними частинами холодильного циліндра (рисунок 3.1) є корпус і з'єднанні з ним болтами торцеві кришки з цапфами. В кришці лицевої сторони є герметично закритий люк овальної форми з розміром достатнім для проникнення в циліндр людини для проведення монтажу або ремонту.



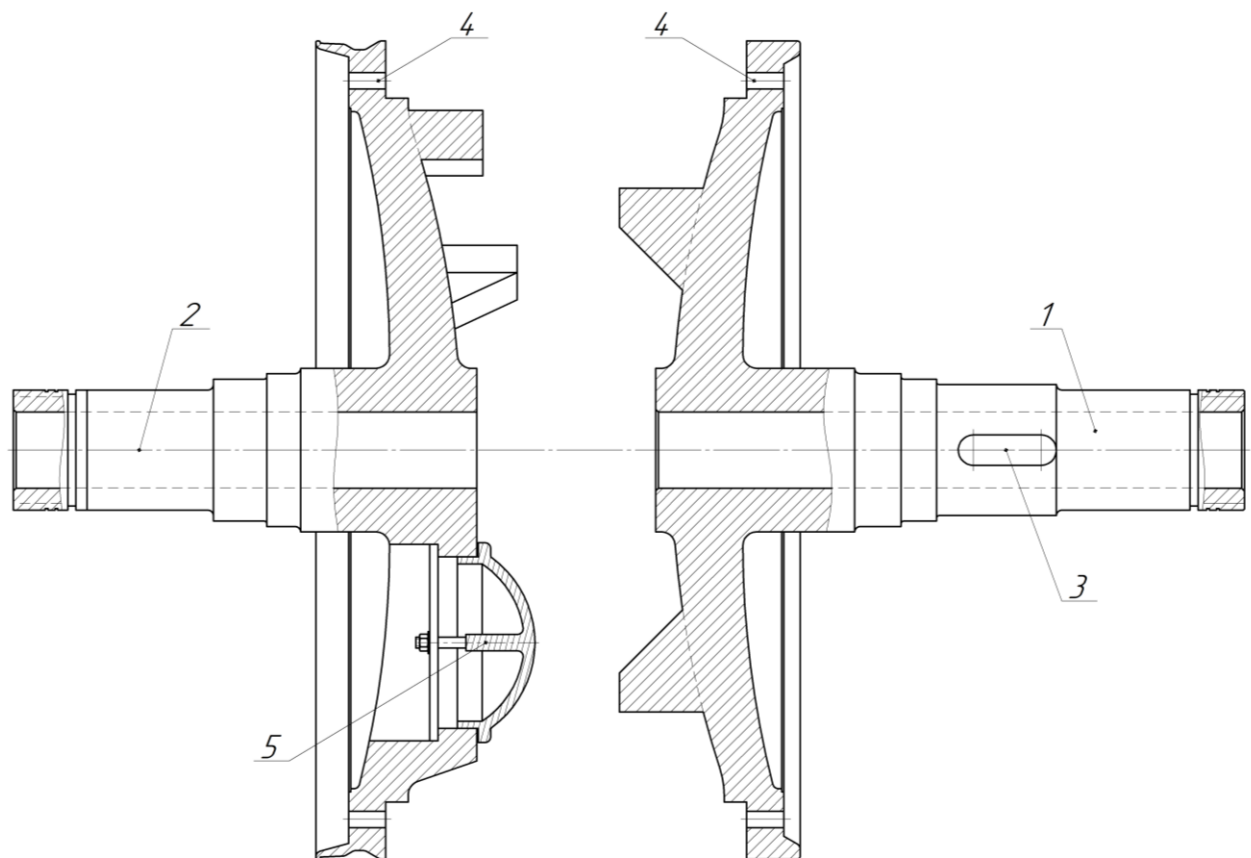
1 – оболонка; 2 – кришка ліва; 3 – кришка права; 4 – люк

Рисунок 3.1 – Холодильний циліндр

Внутрішня поверхня холодильного циліндра розточується, а зовнішня поверхня шліфується. Для забезпечення стабільності показників якості в умовах експлуатації, холодильний циліндр повинен мати мінімальний термічний опір, механічну міцність, мінімальні відхилення від нормальних розмірів, правильність геометричної форми бочки, високі антикорозійні властивості та шорсткість циліндра не нижче 0,32 мкм [3]. Циліндр динамічно балансується і піддається гідравлічному випробуванню на тиск, що в 1,5 рази перевищує робочий. В опорах циліндрів установлюються роликотопідшипники, які працюють в умовах підвищеної температури, тому підшипники повинні мати підвищені радіальні зазори.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Кришки холодильного циліндра (рисунок 3.2) відливаються з сірого або високоміцного чавуну цільними з цапфами. З внутрішньої сторони кришки мають ребра жорсткості і чотири уступи для закріплення кришки на верстаті.



а) ліва

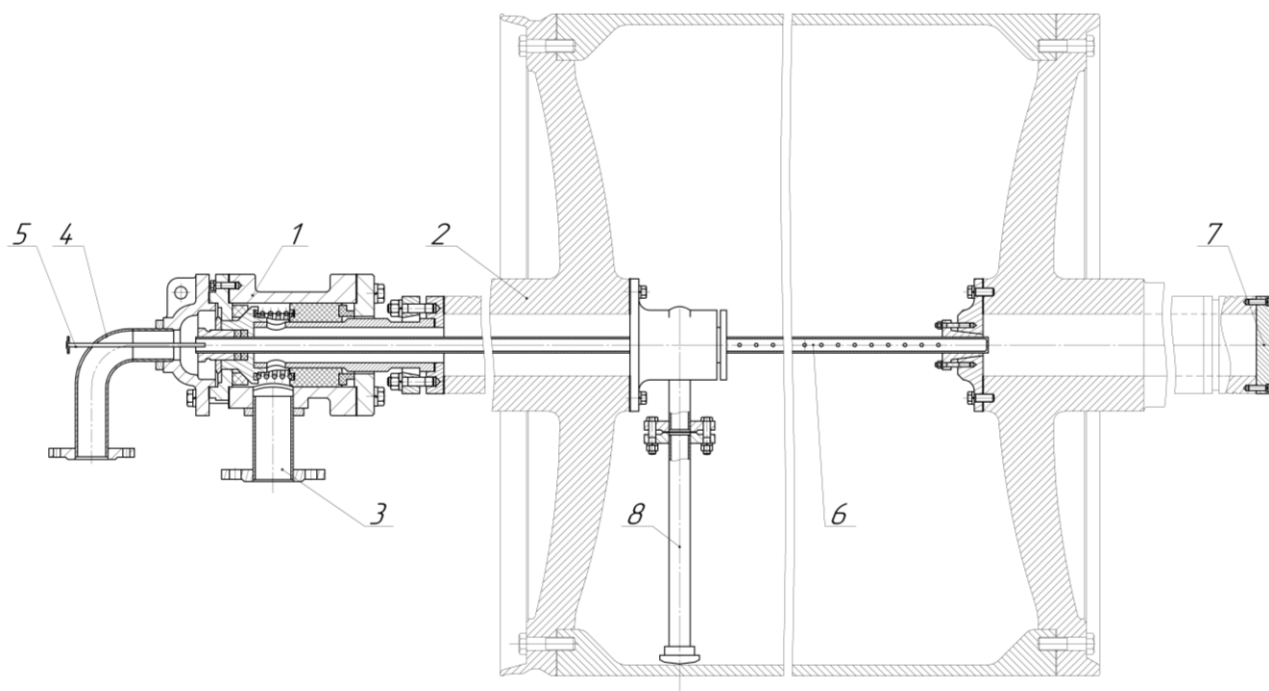
б) права

1 – цапфа приводна; 2 – цапфа лицева; 3 – шпонковий паз; 4 – отвори для болтів; 5 – кришка люка

Рисунок 3.2 – Кришка холодильного циліндра

До лицевої цапфи приєднується водяна головка (рисунок 3.3) яка забезпечує підвід холодної та відвід відпрацьованої води. Водяна головка працює таким чином. Холодоагент, змішуючись з повітрям під тиском 0,5 МПа, розбризкується через отвори в трубі і у вигляді сприсків попадає на внутрішні стінки циліндра. Відцентрова сила сприяє холодоагенту розповсюджуватися по внутрішній поверхні циліндра, утворюючи „водяне кільце“. Нагрівання холодоагенту реалізується під час контакту з внутрішньою поверхнею циліндру, від теплоти картонного полотна та відводиться сифоном. [6].

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		21



- 1 – водяна головка; 2 – холодильний циліндр; 3 – патрубок для відводу води;
 4 – патрубок для підведення води; 5 – патрубок для подачі повітря; 6 – труба;
 7 – кришка; 8 – сифон

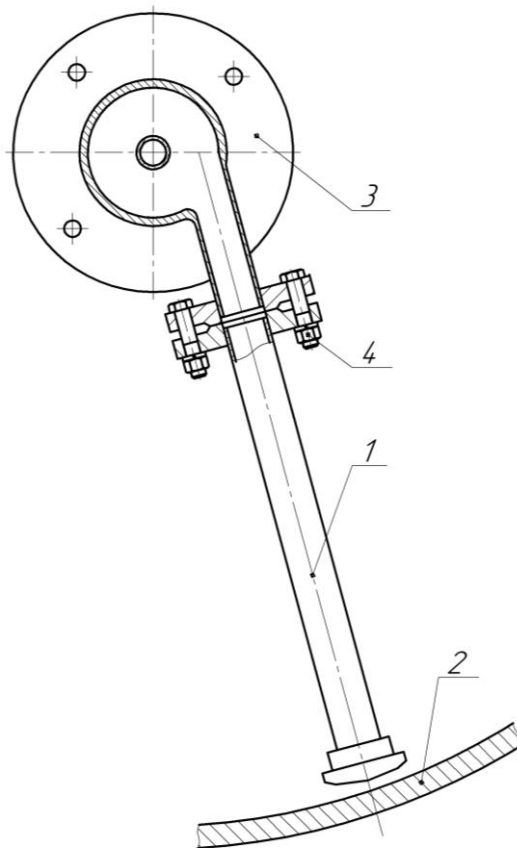
Рисунок 3.3 – Водяна головка

Вода з циліндра може відводитись за допомогою черпака, сифонної трубки (рисунок 3.4) або подвійного сифона, що обертається. На швидкохідних картоноробних машинах видалення відпрацьованої води відбувається сифонами.

Наконечник сифона розміщують на відстані 2-3 мм від стінки циліндра і вода видавлюється через сифонну трубку під дією різниці тисків в циліндрі і в трубі для відведення відпрацьованої води.

Конструкція циліндра нескладна у виготовленні та експлуатації. При цьому забезпечується рівномірне охолодження рулонного полотна по всій ширині, що підвищує його якість.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		



1 – труба сифону; 2 – оболонка циліндра; 3 – кріплення сифону;
4 – болтове з'єднання

Рисунок 3.4 – Сифон

3.2 Вибір матеріалів

Проаналізувавши умови роботи та особливості пропонованого холодильного циліндра, можна зробити наступні висновки.

Оболонка циліндра відливається в вертикальних кесонах з сірого чавуну СЧ35. Такий чавун має високі антифрикційні властивості та високу міцність. Склад такого чавуну: $C = 2,9 - 3,0\%$; $Mn = 0,7 - 1,1\%$; $Si = 1,2 - 1,5\%$; $S \leq 0,12\%$; $P \leq 0,2\%$ (бажані добавки хрому і нікелю) [2]. Твердість зовнішньої поверхні циліндра по Брінеллю 170-220 одиниць, що забезпечує високу гладкість та чистоту зовнішньої поверхні та, відповідно, і високий коефіцієнт тепловіддачі від циліндра до картону.

Кришки відливають цільними з цапфами. З внутрішньої сторони кришки

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		23

мають ребра жорсткості і чотири уступи для закріплення кришки на верстаті, що дозволяє з одного установа обробити поверхню заплечика для посадки кришки в оболонку. Матеріал для виготовлення кришок повинен мати високі механічні властивості у великих перерізах. Тому обираємо сірий чавун СЧ35. Він характеризується високими ливарними властивостями, має високі антифрикційні властивості та високу міцність.

Для усунення внутрішніх напружень доцільно піддавати циліндр і кришки до природного старіння: 2 місяці до попереднього чорнового обточування, а потім 4 місяці до остаточної обробки.

Для запобігання протікання води в водяній головці необхідно застосовувати ущільнення. Одним з самих простих і недорогих ущільнень є сальникове з графітовою набивкою. Така сальникова набивка володіє високою пружністю, хорошою пластичністю при стисненні, мають низький коефіцієнт тертя, високу теплопровідність, виключають корозійний і механічний знос робочої поверхні.

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції холодильної частини з аналогами

В якості аналогів приймемо дані з літератури [2]. Результати порівняння зведені до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння основних показників роботи холодильної частини з аналогами

Параметр	Розмірність	Величина			
		аналог 1	аналог 2	аналог 3	проектowana
1	2	3	4	5	6
Продуктивність	кг/с	7,4	6,7	5,3	5,7
Річна продуктивність	т/рік	223776	202608	160272	172368
Витрати охолодної води	кг/с	14,7	13,4	10,8	11,3

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
Питома витрата охолодної води	$\frac{\text{кг}}{\text{кг} \cdot \text{с}}$	1,99	2	2,04	1,98
Швидкість машини	$\frac{\text{м}}{\text{с}}$ (м/хв)	9,17 (550)	8,33 (500)	6,67 (400)	10 (600)
Маса 1 м ² картону	г/ м ²	175	175	175	175
Температура картону початкова	°C	90	90	90	115
Температура картону кінцева	°C	65	65	65	65
Температура води кінцева	°C	23	23	23	23
Температура води початкова	°C	15	15	15	15
Кінцева сухість картону	%	95	95	95	95
Встановлена потужність приводу	кВт	90	88	75	75
Маса	кг	613800	592300	584200	546200

3.4 Патентне дослідження

В проекті розроблено конструкцію холодильного циліндру для охолодження картонного полотна.

Предмет пошуку – 1) холодильний циліндр; 2) сушильний циліндр; 3) спосіб і пристрій для охолодження картонного полотна;

Об'єкти пошуку - винаходи та корисні моделі.

Метою пошуку інформації - визначення патентоспроможності циліндру холодильного холодної групи КРМ (визначення патентоспроможності

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		25

модернізованої машини)

Визначення держав пошуку. Встановлені такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Канада, Китай, Японія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, патенту на корисну модель – 6 років. Тому регламент пошуку встановлюємо в межах 2009 – 2019 рр.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПКЗ – МПК7 – D21F5/00, D21F5/02, F26B 11/02, B21F5/00.

Джерела інформації:

1) патентна інформація: опис до винаходів, офіційні патенти бюлетені Укрпатенту, Роспатенту;

2) науково-технічна інформація: підручники та навчальні посібники з курсу папероробні, картоноробні та спеціальні машини та підручники по обладнанню ЦПВ.

Початок пошуку 07.09.2019 р. Закінчення пошуку 29.09.2019 р.

Усі відомості про патенти та джерела пошуку наведені у додатку А.

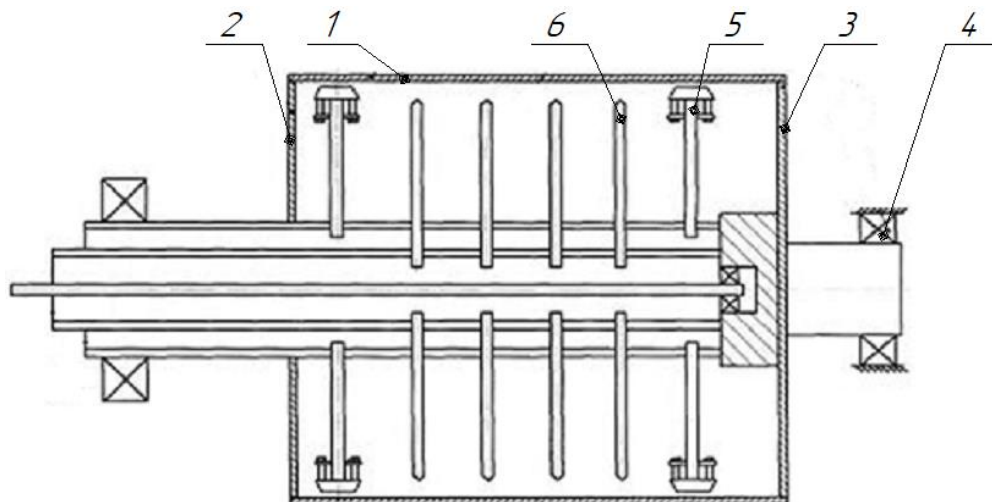
У патенті на корисну модель України [7] авторами розроблено циліндр для охолодження рулонного полотна при намотуванні (рисунок 3.5), що містить корпус, який охолоджується, кришки привідної та лицевої сторін. Циліндр відрізняється тим, що труби для підведення охолоджуваної води виконані з водяними форсунками.

Перевагою конструкції є те, що для відводу нагрітої води використовують спеціальні пристрої, що дозволяють регулювати товщину шару охолоджуваної води.

Недоліком даного циліндру є те, що відпрацьований холодоагент відбирається лише поблизу бічних кришок. Це зумовлює погіршення та нерівномірність відведення теплоти з полотна, що охолоджується.

У патенті РФ [8] авторами розроблено пристрій для обробки волокнистого

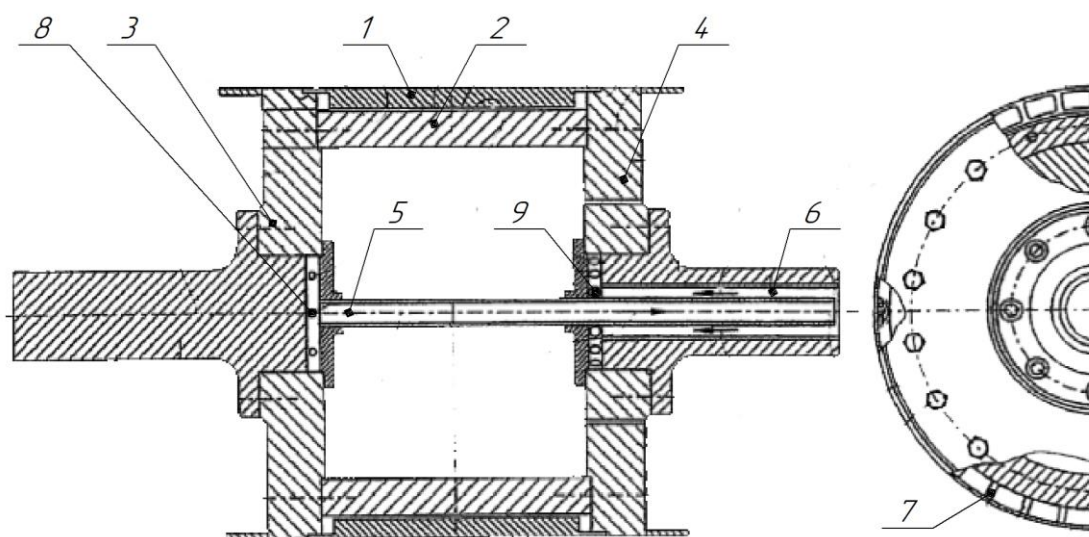
					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		



1 – оболонка циліндра; 2 – кришка приводної сторони; 3 – кришка лицевої сторони; 4 – підшипник; 5 – пристрої для відведення відпрацьованого холодоагенту; 6 – форсунки

Рисунок 3.5 – Циліндр для охолодження рулонного полотна

полотна (рисунок 3.6). В ньому встановлена додаткова оболонка циліндра, що розміщена на відстані від зовнішньої оболонки. А між оболонками утворюється канал, куди подається гріюче або охолоджуюче середовище.



1 – зовнішня оболонка; 2 – внутрішня оболонка; 3 – кришка ліва; 4 – кришка права; 5, 6 – осьові канали; 7 – з'єднувальна деталь; 8, 9 – радіальні канали

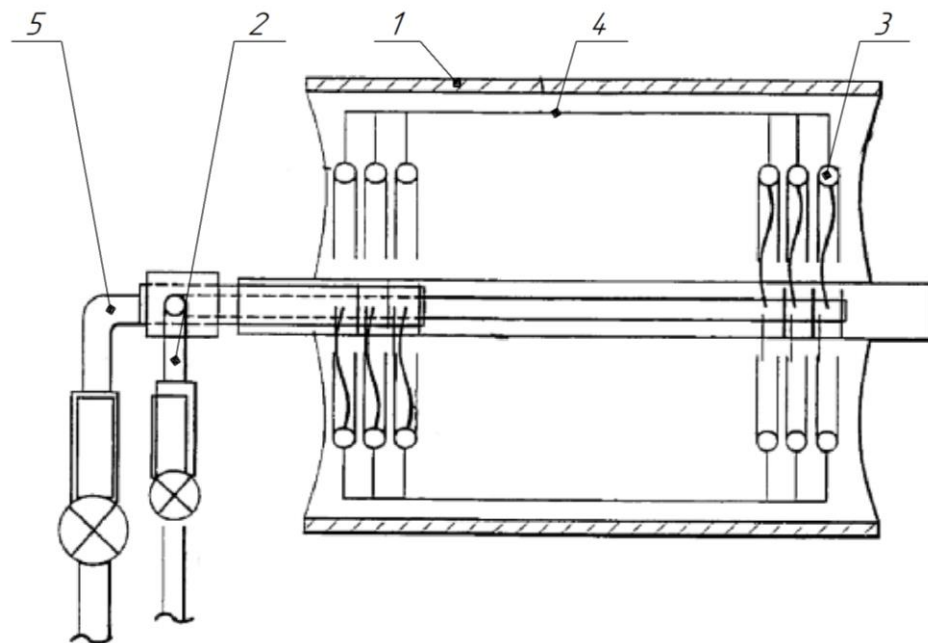
Рисунок 3.6 – Пристрій для обробки волокнистого полотна

Конструкція відрізняється тим, що зовнішня и внутрішня оболонка циліндра з'єднана сполучними засобами, які об'єднані в профільовані елементи, зокрема, профільовані елементи U-подібної або Т-подібної форми.

Перевагою такої конструкції є те що, в циліндрі забезпечується однакова температура робочої поверхні, що позитивно впливає на якість одержаної продукції

Недоліком конструкції є підвищена металоємність.

У патенті США [9] авторами розроблено циліндр з каналами для переносу теплоносія чи холодоагенту (рисунок 3.7), в якому трубопроводи можуть бути утворені через сам корпус або ж можуть бути утворені канавки на внутрішній поверхні корпусу. При цьому канали залишаються в канавках. Крім того, трубопроводи можуть бути розміщені на внутрішній поверхні оболонки, а матеріал, такий як цинк, може бути заповнений близько трубопроводів. Матеріал служить як для утримання трубопроводів на місці, так і для термічного з'єднання трубопроводів з сушильною камерою. Це забезпечує ефективний теплообмін між трубопроводами і оболонкою.



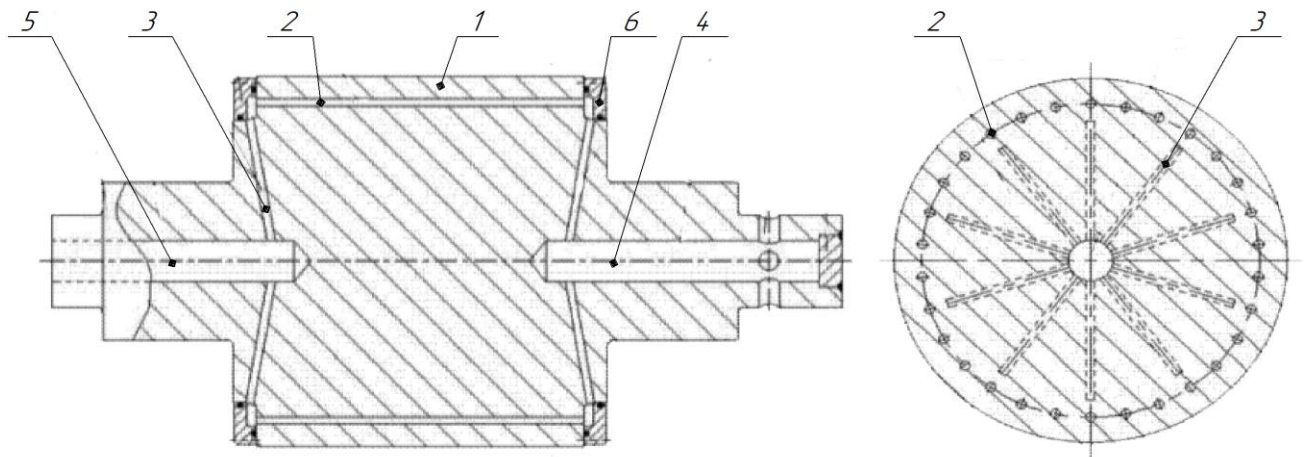
1 – корпус циліндра; 2 – штуцер для подачі; 3 – кільцеві колектори; 4 – труби;
5 – штуцер для відведення

Рисунок 3.7 – Циліндр з каналами для переносу теплоносія/холодоагенту

Перевагами даної конструкції є знижені енерговитрати, підвищена продуктивність та якість одержаної продукції.

Недоліком конструкції є складність обслуговування.

У патенті КНР [10] авторами розроблено пристрій для термічної обробки рулонного полотна (рисунок 3.8) що містить корпус циліндра, в якому зроблені радіальні канали, по яких переміщується холодоагент.



1 – корпус; 2 – осьові канали; 3 – радіальні канали; 4 – труба для подачі холодоагенту; 5 – труба для відведення холодоагенту; 6 – заглушки

Рисунок 3.8 – Пристрій для термічної обробки рулонного полотна

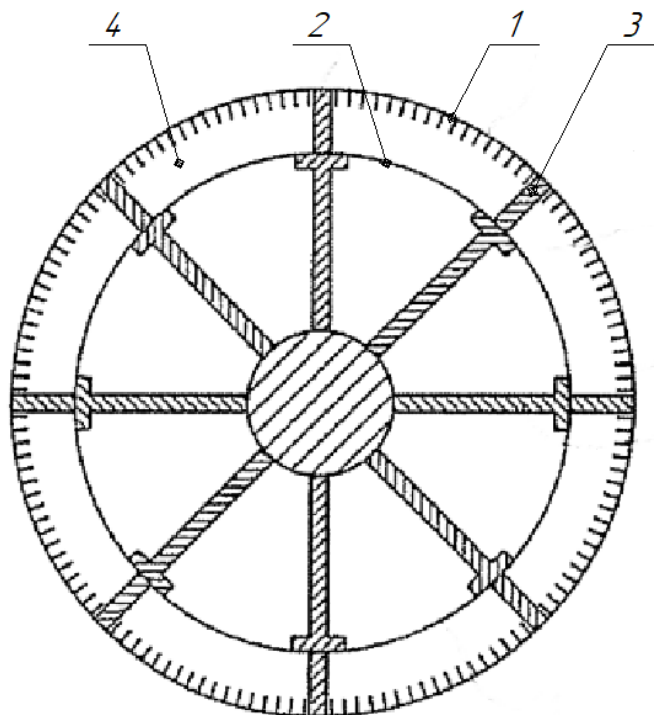
Перевагою конструкції є рівномірне розподілення температури на поверхні циліндра.

Недоліком конструкції є висока металоємність та підвищені енерговитрати.

У патенті США [11] авторами розроблено циліндр (рисунок 3.9) який складається з опорного корпусу і зовнішньої оболонки, яка нагрівається/охолоджується за допомогою текучого середовища.

Перевагами конструкції є висока продуктивність та якість одержаної продукції.

Недоліком конструкції є високі вимоги до точності складання циліндра.



1 – зовнішня оболонка; 2 – внутрішня оболонка; 3 – опорні елементи;
4 – порожнина

Рисунок 3.9 – Сушильний циліндр

Подальший аналіз документації будемо здійснювати серед патентів, які вміщено в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

Предмет пошуку	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості про їх дію
1	2	3
Циліндр для охолодження рулонного полотна	Патент № 60155 (UA), МПК(2011.01) D21F 5/00. Циліндр для охолодження рулонного полотна при намотуванні. Петров, Федорко – заявка № u201014361 ,30.11.2010; опубл. 10.06.2011, Бюл.№ 11, 2011 р.	Діє

Продовження таблиці 3.2

1	2	3
Пристрій для обробки волокнистого полотна	Патент № 2380469 (RU), МПК D21F5/02. Устройство и способ изготовления и/или отделки волокнистого полотна. Груберадлингер. Хальмшлагер, – заявка № 2007129847/12, 22.11.2005; опубл. 27.01.2010.	Діє
Сушильний циліндр з внутрішніми каналами	Патент № 8127462 B2 (US), МПК F26B 11/02. Cylindrical dryer having conduits provided within a plurality of holding plates. Osvaldo R., Richard K, – заявка № 12/591126, 09.11.2009; опубл.06.03.2010.	Діє
Циліндр для термічної обробки матеріалів	Патент № 201420062486 (CN), МПК B21B 27/08. Roller heated based on heat conduction liquid medium. Wang Xingdong , Lu Wei, – заявка № 201420062486.7, 12.02.2014; опубл. 02.07.2014.	Діє
Сушильний циліндр	Патент № 7802377 B2 (US), МПК F26B 11/22. Drying arrangements having drying cylinders have been known for alongtime, the fibrous web wrapping around these being supported by a dryer fabric. опубл.11.04.2010.	Діє

Висновки: проаналізувавши ознаки новизну знайдених прототипів встановлено:

1. Розроблений модернізований пристрій і його конструкторські частини відповідають умовам патентоздатності винаходу.

2. Аналіз патентів дозволяє зробити висновок, що у галузі холодильних

циліндрів картоноробних машин основні розробки спрямовані на створення нових конструкцій як пристроїв в цілому, так і конструкцій окремих вузлів.

3. Розроблення холодильного циліндра відбувається у напрямках підвищення інтенсивності і покращення ефективності їхньої роботи. Найчастіше пропонується конструкції, що дозволяють підвищити продуктивність процесу, покращити якість одержаного продукту, понизити енергетичні затрати та матеріал для проведення процесу.

4. Дослідження, виконані в даній роботі свідчать, що у застосованому в технологічній схемі холодильному циліндрі не використано відмінних ознак проаналізованих винаходів. Основні елементи холодильного циліндра прості та відомі, що забезпечують необхідну інтенсивність та ефективність проведення охолодження в холодильній групі.

5. Установлено, що конструкцію проектного циліндра можна вдосконалити, запропонувавши розташувати пристрої для повітряного охолодження та для відведення відпрацьованого холодоагенту рівномірно по всій внутрішній поверхні циліндра вздовж осі його обертання по чергово з пристроями підведення холодоагенту. Це забезпечить рівномірне охолодження рулонного полотна по всій його ширині та підвищить його якість.

Копії використаних патентів розміщено в додатку Г пояснювальної записки.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		32

4 Розрахунки що підтверджують працездатність та надійність конструкції

4.1 Визначення температурних полів у картонному полотні

Метою статті є аналіз сучасних конструкцій холодильних частин і циліндрів, а також, шляхом імітаційного моделювання в середовищі SolidWorks, визначення кінетичних параметрів процесу охолодження картону та отримання епюр розподілу температури по товщині полотна.

Викладення основного матеріалу. Аналіз сучасних конструкцій холодильних конструкцій показав, що стандартна конструкція холодильного циліндру передбачає, що холодоагент подається в середину холодильного циліндру і розподіляється по периферії внутрішньої поверхні (рисунок 4.1), а відпрацьований холодоагент відбирається з бічних сторін циліндру.

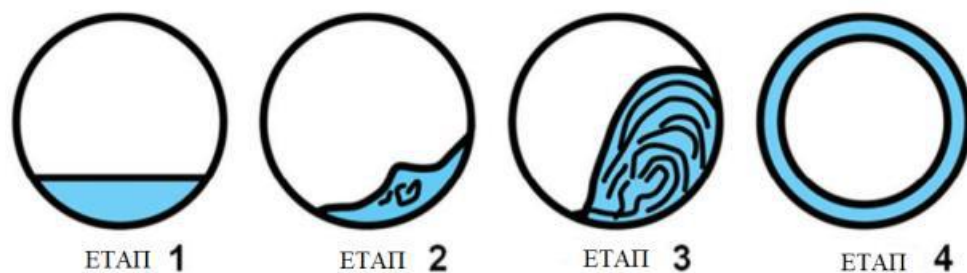


Рисунок 4.1 – ілюструє чотири основні етапи розподілення води при зміні швидкості обертання холодильного циліндру:

– етап 1 – відсутність обертання. Вода рівномірно розподіляється в нижній частині циліндру.

– етап 2 – калюжа. Коли циліндр починає обертатися, калюжа рухається вгору разом із оболонкою циліндру.

– етап 3 – каскад. Більш інтенсивне обертання холодильного циліндру змушує калюжу рухатися далі вгору до корпусу доки сила тяжіння не подолає відцентрові сили і вода знову повернеться на дно оболонки.

– етап 4 – водяне кільце. Із виходом циліндра на робочу швидкість обертання відцентрові сили долають силу тяжіння, так що утворюється рівномірний шар води по внутрішньому діаметру оболонки.

Важливим фактором в конструкціях холодильних циліндрів являється шорсткість їх поверхні, оскільки від цього залежить інтенсивність тепловіддачі від поверхні циліндру до картонного полотна. У зв'язку із цим поверхні холодильних циліндрів покривають шаром гладкого матеріалу, наприклад, хрому. Крім цього інтенсивність охолодження картонного полотна залежить від способу подачі холодної води в порожнину циліндру, а також відведення вже нагрітої води.

Для збільшення швидкості процесу охолодження картонного полотна пропонується встановити повітряні сприски над зоною контакту полотна і поверхні циліндру. Це дозволить додатково охолодити зовнішню поверхню полотна, що не контактує із поверхнею циліндра, а також з'являється додаткове притискання полотна до оболонки поверхні циліндру. Схема теплообміну в даному випадку між полотном і холодоагентом зображена на рисунку 4.1.1

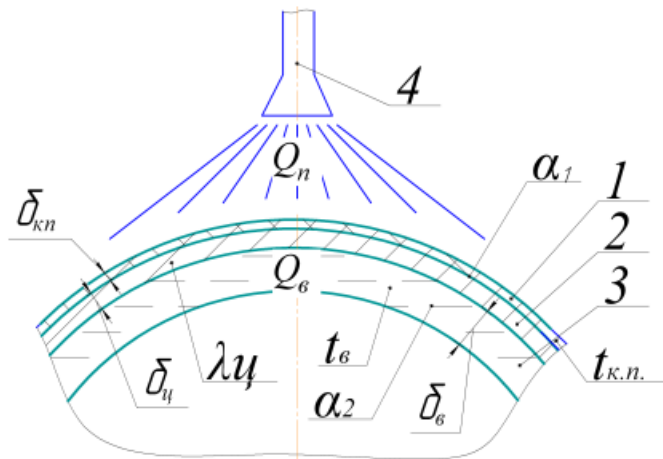


Рисунок 4.1.1 – Схема теплообміну охолодження картонного полотна;

Конструкція холодильного циліндру передбачає, що тепловий потік направлений від гарячого полотна через стінку циліндра до холодоагенту:

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta T$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; F – поверхня теплообміну, м^2 ; ΔT – температурний напір, К .

Коефіцієнт теплопередачі у даному випадку визначається як:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{ц}}}{\lambda_{\text{ц}}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

де 1 – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні полотна до зовнішньої поверхні холодильного циліндру, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$; $\delta_{\text{ц}}$ – товщина оболонки циліндру, м; $\lambda_{\text{ц}}$ – теплопровідність матеріалу оболонки циліндру, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$; α_2 – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні оболонки циліндру, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Дослідження теплообміну при охолодженні картонного або паперового полотна показали, що коефіцієнт α_1 приймає достатньо малі значення 5-10, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ і залежить від шорсткості поверхні оболонки холодильного циліндру. Внаслідок цього для підвищення ефективності процесу охолодження полотна необхідно збільшити тепловий потік Q , кВт від полотна до холодоагенту. Для рішення цієї задачі пропонується встановити для додаткового охолодження полотна повітряний сприск (рис. 3а). Тому результуючий тепловий потік становитиме:

$$Q = Q_1 + Q_2$$

де Q_1 – тепловий потік від полотна до холодної води, кВт; Q_2 – тепловий потік від полотна до холодного повітря, кВт.

За допомогою програми автоматизованого проектування і моделювання SolidWorks Simulation 2019 та модулю Flow Simulation проведено моделювання теплообміну елементарної частинки картонного полотна dF при наступних початкових параметрах:

- Матеріал – картон (матеріал доданий користувачем);
- Тип задачі – зовнішня;
- Межові умови для сторони картонного полотна, що контактує із поверхнею холодильного циліндру встановлені, як «Real Wall» із температурою 283 К;

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		35

– Межові умови для сторона полотна, що контактує із повітрям встановлені, як «Outer Wall» із температурою 313 К (приймаємо, що температура навколишнього середовища в зоні охолодження – 40 °С);

– Початкові умови: фізичний час становить 0,21 с; шорсткість стінок – 10 мкм; тиск – атмосферний; температура картонного полотна – 393 К; температура поверхні холодильного циліндру – 283 К; товщина картонного полотна – 1 мм.

Фізичний час контакту картонного полотна розраховується як:

$$\tau = \frac{\pi D \xi}{2 \times W} = \frac{3,14 \times 1,5 \times 0,7}{2 \times 8,3} = 0,21 \text{ с}$$

де D – діаметр холодильного циліндру; W – швидкість руху картонного полотна; ξ – коефіцієнт обхвату картонним полотном поверхні холодильного циліндру.

Швидкість обертання оболонки холодильного циліндру визначається:

$$n = \frac{W}{\pi D} = \frac{8,3}{3,14 \times 1,5} = 1,76 \left[\frac{\text{об}}{\text{с}} \right]$$

Результат розрахунку представляє епюру розподілу температури по товщині полотна (рисунок 4.1.2).

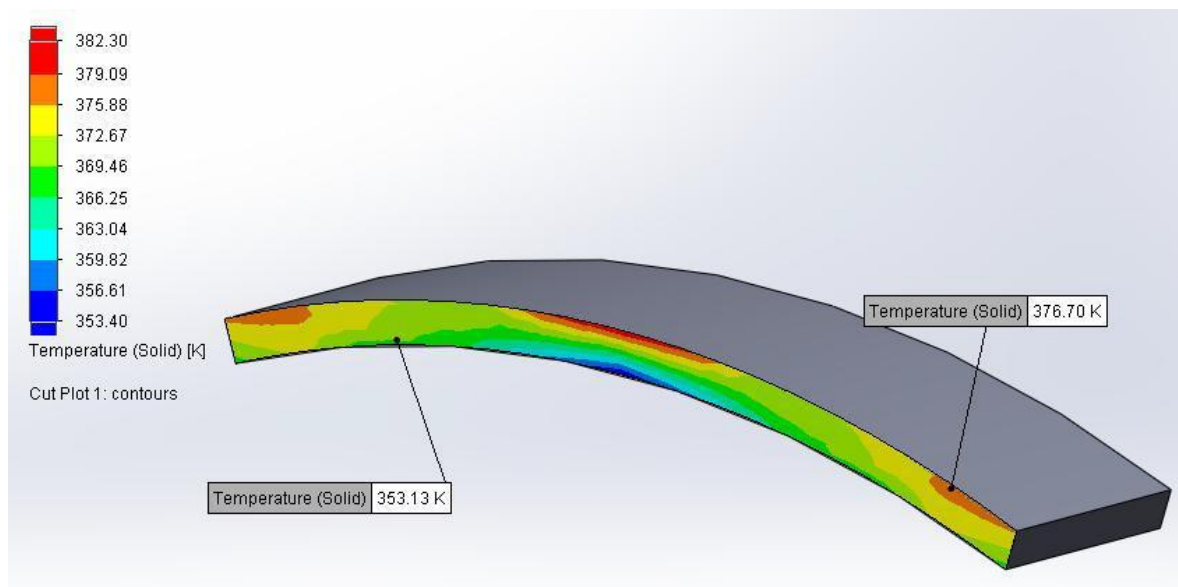


Рисунок 4.1.2 – Зміна температури полотна матеріалу по його товщині

Як видно із рисунку 4.1.2, температура змінюється від максимального значення в зоні поверхні, яка контактує із повітрям і становить 382,3 К до

мінімальної температури картону, що становить 353,4 К в зоні контакту із поверхнею холодильного циліндру.

Графік розподілу температури полотна T , К по його товщині δ , мм та рівняння лінії тренда зображено на рисунку 4.1.3.

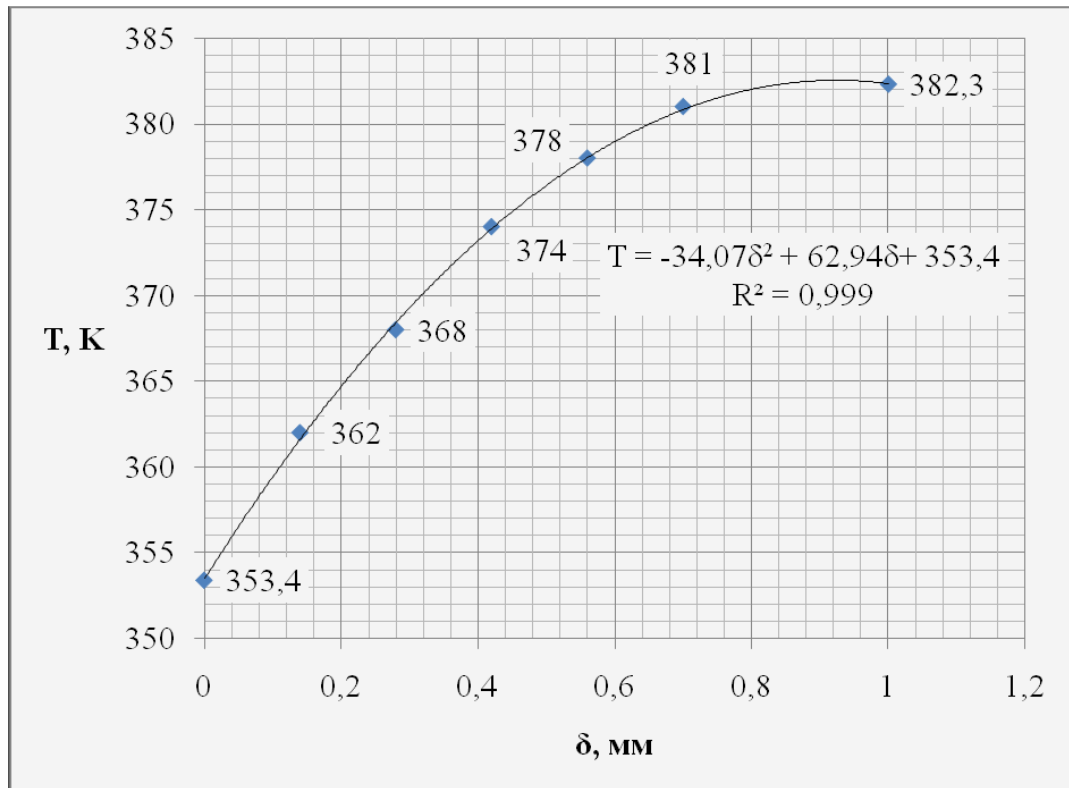


Рисунок 4.1.3 – Графічна залежність зміни температури полотна по його товщині

Апроксимація температурних точок по товщині полотна дозволяє отримати рівняння лінії тренда, що характеризує залежність $T = f(\delta)$:

$$T = -34,07\delta^2 + 62,94\delta + 353,4$$

Аналіз залежності на рисунку 4.1.3 показує, що картонне полотно за час контакту із поверхнею одного холодильного циліндру охолоджується від початкової температури 393 К до середньої $T = (382,3 + 353,4)/2 = 367,8$ К, тобто на 25,2 К.

Висновки: запропоновано модель імітаційного моделювання процесу охолодження картонного полотна із використанням системи автоматизації проектування SolidWorks та отримано оптимальні кінетичні параметри процесу, що дозволяють зменшити енергозатрати на проведення процесу. Крім того

визначено поле розподілу температури по товщині картонного полотна та знайдено середню його температуру, що дорівнює 367,8 К.

4.2 Розрахунок необхідної кількості циліндрів

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.2.

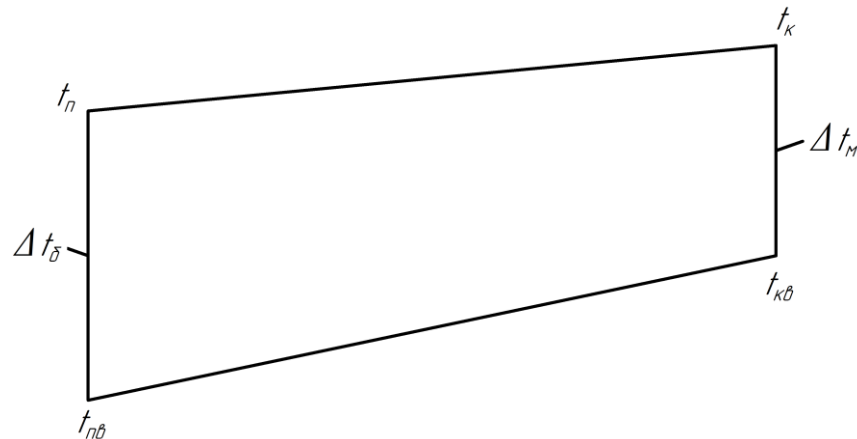


Рисунок 4.2 – Схема зміни температур теплоносіїв

Мета розрахунку: визначення кількості циліндрів необхідних для охолодження паперу.

Вихідні дані:

- швидкість машини v , м/с (м/хв)	10 (600);
- маса 1 м ² абсолютно сухого картону g , кг/м ² (г/м ²)	0,175 (175);
- ширина картонного полотна B , м	4,25;
- сухість картону початкова S_n , %	96;
- сухість картону кінцева S_k , %	95;
- температура картонного полотна початкова t_n , °С	100;
- температура картонного полотна кінцева t_k , °С	65;
- температура води, що охолоджує, початкова $t_{пв}$, °С	15;

Розрахунок здійснюємо за методикою наведеною в [2].

Вологість картонного полотна на накаті:

$$W = 1 - S_k = 1 - 0,95 = 0,05$$

Продуктивність машини по абсолютно сухому картону:

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

$$G_{ac} = B \cdot V \cdot g \cdot (1 - W) = 4,25 \cdot 10 \cdot 0,175 \cdot (1 - 0,05) = 7 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Вологовміст полотна перед охолодженням:

$$u_{\text{п}} = \frac{100 - S_{\text{п}}}{S_{\text{п}}} = \frac{100 - 96}{96} = 0,042 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}.$$

Вологовміст полотна після охолодженням:

$$u_{\text{к}} = \frac{100 - S_{\text{к}}}{S_{\text{к}}} = \frac{100 - 95}{95} = 0,053 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}.$$

Усереднена температура картонного полотна:

$$t_{\text{кп}} = \frac{t_{\text{п}} + t_{\text{к}}}{2} = \frac{100 + 65}{2} = 82,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Приймаємо кінцеве значення температури охолодної води $t_{\text{кв}} = 23 \text{ }^{\circ}\text{C}$, тобто вода нагрівається на $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Малий перепад температури дозволить зменшити нерівномірність охолодження картонного полотна по ширині циліндра.

Усереднена температура води в холодильному циліндрі:

$$t_{\text{в}} = \frac{t_{\text{пв}} + t_{\text{кв}}}{2} = \frac{15 + 23}{2} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Матеріальний баланс:

$$G_W = G_{ac} \cdot (u_{\text{к}} - u_{\text{п}}) = 7 \cdot (0,053 - 0,042) = 0,077 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Тепловий баланс:

$$Q = \frac{1}{\psi} \cdot G_{ac} \cdot [(C_n + C_v \cdot u_{\text{к}})(t_{\text{п}} - t_{\text{к}}) + (u_{\text{к}} - u_{\text{п}}) \cdot r] = \frac{1}{1} \cdot 7 \times \\ \times [(1,42 + 4,19 \cdot 0,053) \cdot (100 - 65) + (0,053 - 0,042) \cdot 2315] = 427,8 \text{ кВт}.$$

де $C_n = 1,42 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – теплоємність абсолютно сухого картону;

$C_v = 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – теплоємність води;

$\psi = 1$ – коефіцієнт використання тепла при охолодженні [2];

$r \approx 2315 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ – питома теплота конденсації при усередненій температурі картонного полотна [13].

Критерій Рейнольдса для холодної води:

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		39

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{0,5 \cdot 0,06}{1,029 \cdot 10^{-6}} = 29154.$$

де $D = 0,06$ м – висота шару води в циліндрі;

$V = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – швидкість руху води в холодильному циліндрі;

$\nu = 1,029 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості води за усередненою температурою ($t_b = 19$ °C).

Критерій Рейнольдса для повітря:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{20 \cdot 0,016}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 21248.$$

де $D = 0,016$ м – діаметр отворів повітряних сприсків;

$V = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – швидкість руху повітря в трубках;

$\nu = 1,029 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ – кінематичний коефіцієнт в'язкості повітря за температурою ($t_b = 20$ °C).

Критерій Нуссельта для води:

$$Nu = 0,33 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,43} = 0,33 \cdot 29154^{0,5} \cdot 7,27^{0,43} = 132,2$$

де $Pr = 7,27$ – критерій Прандтля при середній температурі води ($t_b = 19$ °C) [13].

Критерій Нуссельта для повітря:

$$Nu = 0,66 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} = 0,66 \cdot 21248^{0,5} \cdot 0,678^{0,33} = 84,62$$

де $Pr = 0,678$ – критерій Прандтля при температурі повітря ($t_b = 20$ °C) [13].

Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стінки циліндра до води:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{\delta} = \frac{132,2 \cdot 59,66 \cdot 10^{-2}}{0,06} = 1315 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

де $\lambda = 59,66 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт теплопровідності охолоджувальної води за її середньої температури ($t_b = 19$ °C) [13];

$\delta = 0,06$ м – характерний розмір (товщина шару води в холодильному циліндрі).

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні картону до повітря:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{\delta} = \frac{84,62 \cdot 2,59 \cdot 10^{-2}}{0,016} = 137 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

де $\lambda = 2,59 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт теплопровідності охолодного повітря за її температури ($t_b = 20^\circ\text{C}$) [13];

$\delta = 0,016 \text{ м}$ – характерний розмір (діаметру отвору повітряних сприсків).

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{(100 - 15) - (65 - 23)}{\ln \frac{(100-15)}{(65-23)}} = 60,1^\circ\text{C}.$$

Коефіцієнт теплопередачі від картонного полотна до охолодної води:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{500} + \frac{0,025}{50} + \frac{1}{1315}} = 306,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

де $\alpha_1 = 500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ – коефіцієнт тепловіддачі на зовнішній поверхні циліндра в залежності від шорсткості картону і поверхні циліндра;

$\delta = 0,025 \text{ м}$ – товщина стінки циліндра [2];

$\lambda = 50 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт теплопровідності сірого чавуна [2].

Тепловий потік від картону до холодильного циліндру:

$$q = K \cdot \Delta t_{\text{ср}} = 306,7 \cdot 60,1 = 18707 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Тепловий потік від картону до охолоджувального повітря:

$$q_{\text{пов.}} = K \cdot \Delta t_{\text{ср}} = 137 \cdot (82,5 - 20) = 8562,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Поверхня охолоджувальної частини циліндру:

$$F_{\Pi} = \pi \cdot D \cdot \alpha \cdot B = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 0,242 \cdot 4,25 = 4,847 \text{ м}^2$$

де α – кут робочої зони повітряного обдуву

Кількість теплоти, що відбирається повітрям під час обдуву від картонного полотна:

$$Q_{\text{пов}} = q_{\text{пов.}} \cdot F_{\Pi} = 8562,5 \cdot 4,847 = 41500 \text{ Вт}$$

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		41

Поверхня теплообміну холодильних циліндрів без врахування повітряного охолодження:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{427700}{18707} = 22,86 \text{ м}^2$$

Кількість теплоти, яку необхідно відібрати від картонного полотна завдяки холодильним циліндрам (з врахуванням повітряного обдуву):

$$Q_k = Q - Q_{\text{пов.}} = 427800 - 41500 = 386300 \text{ Вт}$$

Поверхня теплообміну холодильних циліндрів з врахуванням повітряного охолодження:

$$F = \frac{Q_k}{q} = \frac{386300}{18707} = 20,65 \text{ м}^2$$

Необрізна ширина картонного полотна

$$B' = B + 0,05 = 4,25 + 0,05 = 4,3 \text{ м.}$$

Активна поверхня холодильного циліндра:

$$F_{\text{ц}} = \pi \cdot D \cdot B' \cdot \varphi_{\text{ц}} = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 4,3 \cdot 0,67 = 13,6 \text{ м}^2.$$

де $\varphi_{\text{ц}} = 0,67$ – доля обхвату циліндра полотном;

$D = 1,5 \text{ м}$ – діаметр циліндра зовнішній;

Число холодильних циліндрів без повітряного обдуву:

$$n_{\text{ц}} = \frac{F}{F_{\text{ц}}} = \frac{22,86}{13,6} = 1,68.$$

Число холодильних циліндрів з повітряним обдувом:

$$n_{\text{ц}} = \frac{F}{F_{\text{ц}}} = \frac{20,65}{13,6} = 1,51.$$

Приймаємо $n_{\text{ц}} = 2$.

Витрати води на охолодження в холодильних циліндрах без повітряного обдуву:

$$G_{\text{в}} = \frac{Q}{C_{\text{в}} \cdot (t_{\text{кв}} - t_{\text{пв}})} = \frac{427,8}{4,19 \cdot (23 - 15)} = 12,8 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

де $C_{\text{в}} = 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – теплоємність води її середньої температури $t_{\text{в}} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Витрати води на охолодження з повітряним обдувом:

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

$$G_{\text{вп}} = \frac{Q_3}{C_{\text{в}} \cdot (t_{\text{кв}} - t_{\text{пв}})} = \frac{386,3}{4,19 \cdot (23 - 15)} = 11,5 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

де $C_{\text{в}} = 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – теплоємність води її середньої температури $t_{\text{в}} = 19^\circ\text{C}$.

Витрати води на охолодження в одному циліндрі без врахування повітряного обдуву:

$$G_{\text{в1}} = \frac{G_{\text{в}}}{n_{\text{ц}}} = \frac{12,8}{2} = 6,4 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Витрати води на охолодження в одному циліндрі з повітряним обдувом:

$$G_{\text{в1п}} = \frac{G_{\text{в}}}{n_{\text{ц}}} = \frac{11,5}{2} = 5,75 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Зменшення витрати води при додатковому обдуві картонного полотна при охолодженні:

$$G_3 = G_{\text{в1}} - G_{\text{в1п}} = 6,4 - 5,75 = 0,65 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Висновок, холодильна частина при поєднанні холодильних циліндрів з повітряним обдувом дозволяє зменшити витрати охолодної води в порівнянні з частиною без додаткового обдуву. Або при поєднанні цих двох конструкційних елементів можна досягти більш високий ступінь охолодження картонного полотна або збільшити продуктивність КРМ за тих самих умов. Визначено кількість циліндрів необхідних для охолодження картону $n_{\text{ц}} = 2$.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		43

4.3 Силевий розрахунок

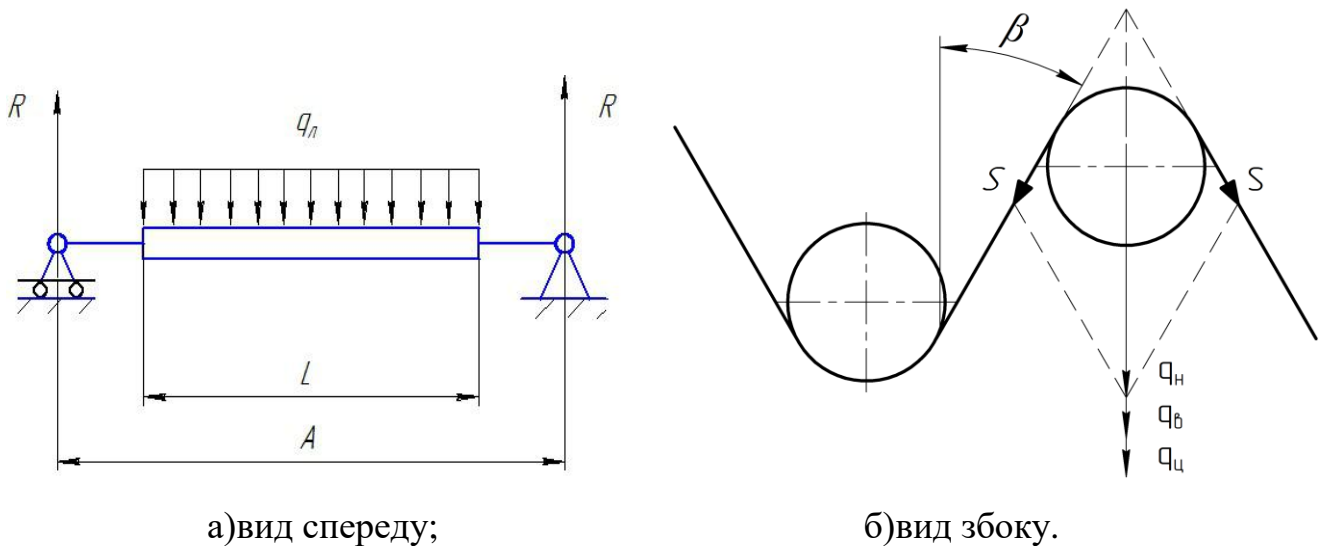
Розрахункова схема зображена на рисунку 4.3.

Мета розрахунку: визначити реакції в опорах циліндра холодильного.

Вихідні дані:

- маса циліндра m , кг

7200;



а)вид спереду;

б)вид збоку.

Рисунок 4.3 – Схема прикладених зусиль

- натяг сітки S , Н/м

$3,5 \cdot 10^3$;

- питома сила тяжіння води ρ , Н/м³

$9,81 \cdot 10^3$;

- довжина корпусу циліндра L , м

4,68;

- діаметр корпусу циліндра D , м

1,5;

- товщина корпусу циліндра δ , м

0,025.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [3].

Сила тяжіння циліндра:

$$G = m \cdot g = 7200 \cdot 9,81 = 70632 \text{ Н.}$$

Питоме навантаження від сили тяжіння циліндра:

$$q_{\text{ц}} = \frac{G}{L} = \frac{70623}{4,68} = 15092 \text{ Н/м,}$$

Питоме навантаження від натягу сітки:

$$q_{\text{н}} = 2S \cos \beta = 2 \cdot 3,5 \cdot 10^3 \cdot \cos 30^\circ = 6062 \text{ Н/м,}$$

де $\beta=30^\circ$ – кут обхвату циліндра сіткою (рис 4.2 б).

Питоме навантаження від сили тяжіння води:

$$q_v = 0,5 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D - 2\delta)^2 \cdot \rho =$$
$$= 0,5 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (1,5 - 2 \cdot 0,025)^2 \cdot 9,81 \cdot 10^3 = 8096 \text{ Н/м.}$$

Сумарне питоме навантаження, розподілене по довжині бочки валу:

$$q = q_{\text{ц}} + q_{\text{н}} + q_v = 15092 + 6062 + 8096 = 29250 \text{ Н/м.}$$

Реакція в опорах:

$$R = \frac{qL}{2} = \frac{29250 \cdot 4,68}{2} = 68445 \text{ Н.}$$

Висновок: визначено реакції в опорах холодильного циліндра
 $R = 68445 \text{ Н.}$

4.4 Розрахунок корпусу циліндра

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.4 [3].

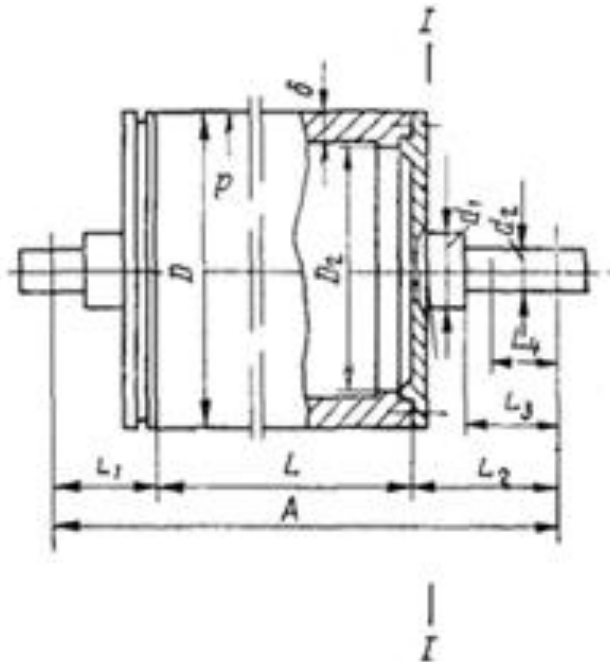


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема холодильного циліндра

Мета розрахунку: перевірка корпусу холодильного циліндра на міцність.

Вихідні дані:

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

- швидкість машини v , м/с (м/хв)	7(420);
- сумарне питоме навантаження q , Н/м	29250;
- реакція в опорах R , Н	68445;
- тиск повітря p , МПа	0,5;
- густина матеріалу корпусу ρ , кг/м ³	$7,2 \cdot 10^3$;
- матеріал кришки	СЧ35;
- границя міцності матеріалу корпусу σ_b , МПа [14]	350;
- довжина корпусу циліндра L , м	4,68;
- відстань між підшипниками A , м	5,8;
- діаметр корпусу циліндра D , м	1,5;
- товщина корпусу циліндра δ , м	0,025;
- допустимий запас міцності $[n]$ [3]	7.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [3].

Найбільший згинаючий момент:

$$M = R \frac{A}{2} - \frac{qL^2}{8} = 68445 \cdot \frac{5,8}{2} - \frac{29250 \cdot 4,68^2}{8} = 118409 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору:

$$W = 0,1D^3 \left[1 - \left(1 - \frac{2\delta}{D} \right)^4 \right] = 0,1 \cdot 1,5^3 \cdot \left[1 - \left(1 - \frac{2 \cdot 0,025}{1,5} \right)^4 \right] = 0,043 \text{ м}^3.$$

Найбільше напруження згинання:

$$\sigma_z = \frac{M}{W} = \frac{118409}{0,043} = 2753697 \text{ Па} = 2,75 \text{ МПа}.$$

Напруження, що створюється тиском:

$$\sigma_{\varphi 1} = \frac{p(D - 2\delta)}{2\delta} = \frac{0,5 \cdot (1,5 - 2 \cdot 0,025)}{2 \cdot 0,025} = 14,5 \text{ МПа}.$$

Напруження, що створюється відцентровою силою:

$$\sigma_{\varphi 2} = \rho v^2 = 7,2 \cdot 10^3 \cdot 7^2 = 352800 \text{ Па} = 0,35 \text{ МПа}.$$

Загальне напруження циліндра:

$$\sigma_{\varphi} = \sigma_{\varphi 1} + \sigma_{\varphi 2} = 14,5 + 0,35 = 14,85 \text{ МПа}.$$

Осьове напруження в корпусі, що створюється тиском:

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

$$\sigma_{zp} = \frac{p(D - 2\delta)^2}{4(D - \delta)\delta} = \frac{0.5 \cdot (1.5 - 2 \cdot 0.025)^2}{4 \cdot (1.5 - 0.025) \cdot 0.025} = 7.1 \text{ МПа.}$$

Найбільше сумарне осьове напруження в корпусі:

$$\sigma_z = \sigma_3 + \sigma_{zp} = 2.75 + 7.1 = 9.85 \text{ МПа.}$$

Розрахункове напруження $\sigma_{розр}$ приймаємо як більше за значенням з σ_ϕ , σ_z :

$$\sigma_{розр} = 14.85 \text{ МПа.}$$

Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma_{розр}} = \frac{350}{14.85} = 23.6$$

Умова міцності:

$$n \geq [n]$$

Маємо:

$$23.6 > 7$$

Висновок: холодильний циліндр задовольняє умовам міцності і буде нормально працювати в заданих умовах .

4.5 Розрахунок оболонки циліндра, що знаходиться під внутрішнім тиском

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.5.

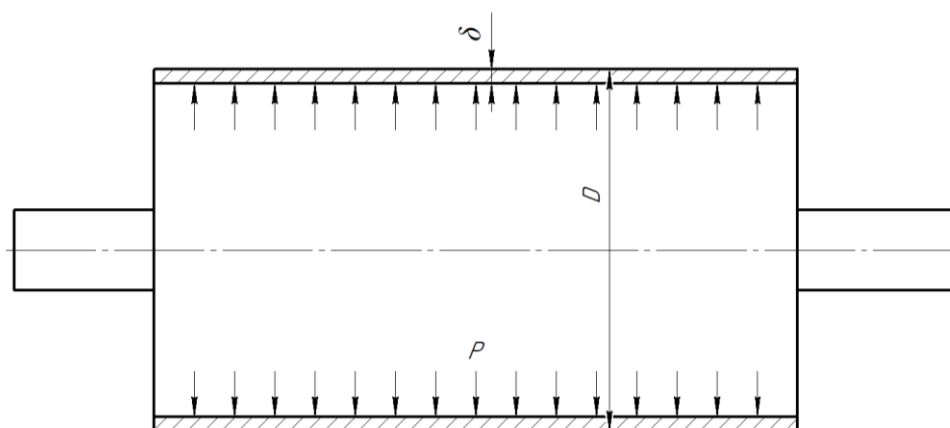


Рисунок 4.5 – Розрахункова схема оболонки, що знаходиться під внутрішнім тиском

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		47

Мета розрахунку: перевірити умову міцності оболонки, що знаходиться під внутрішнім тиском.

Вихідні дані:

- тиск повітря p , МПа 0,5;
- границя міцності матеріалу корпусу σ_v , МПа [14] 350;
- діаметр корпусу циліндра D , м 1,5;
- товщина корпусу циліндра δ , м 0,025;

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [15].

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[p] = \frac{2 \cdot \sigma \cdot (\delta - C)}{D + \delta - C} = \frac{2 \cdot 350 \cdot (0,025 - 0,002)}{1,5 + 0,025 - 0,002} = 10,5 \text{ МПа},$$

де $C = 0,002$ м – коефіцієнт, що враховує корозію та ерозію [15].

Умова міцності:

$$p \leq [p]$$

Маємо:

$$0,5 \text{ МПа} < 10,5 \text{ МПа}$$

Висновок: умова міцності виконується оболонка буде нормально працювати в заданих умовах.

4.6 Розрахунок цапф

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.6.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

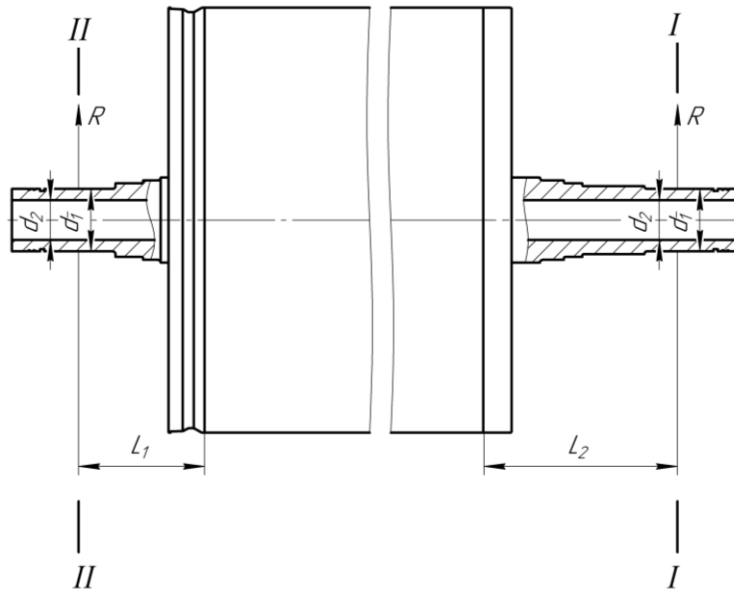


Рисунок 4.6 – Розрахункова схема цапф

Мета розрахунку: перевірка цапф холодильного циліндра на міцність.

Вихідні дані:

- реакція в опорах R , Н 68445;
- відстань від підшипника до кришки L_1 , м 0,45;
- відстань від підшипника до кришки L_2 , м 0,69;
- зовнішній діаметр цапфи d_1 , м 0,22;
- внутрішній діаметр цапфи d_2 , м 0,14;
- допустимий запас міцності $[n]$ [3] 7.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [3].

Згинаючий момент у перерізі I-I цапфи циліндра:

$$M_1 = L_2 R = 0,69 \cdot 68445 = 47227 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору у перерізі I-I цапфи циліндра [5]:

$$W_1 = 0,1 d_1^3 \cdot \left(1 - \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^4 \right) = 0,1 \cdot 0,22^3 \cdot \left(1 - \left(\frac{0,14}{0,22} \right)^4 \right) = 0,001 \text{ м}^3.$$

Напруження при згинанні у перерізі I-I цапфи циліндра:

$$\sigma_{з1} = \frac{M_1}{W_1} = \frac{47227}{0,001} = 47227000 \text{ Па} = 47,23 \text{ МПа}.$$

Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma_{розр}} = \frac{350}{47,23} = 7,4$$

Умова міцності:

$$n \geq [n]$$

Маємо:

$$7,4 > 7$$

Згинаючий момент у перерізі II-II цапфи циліндра:

$$M_2 = L_1 R = 0,45 \cdot 68445 = 30800 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору у перерізі II-II цапфи циліндра [5]:

$$W_2 = 0,1d_1^3 \cdot \left(1 - \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4\right) = 0,1 \cdot 0,22^3 \cdot \left(1 - \left(\frac{0,14}{0,22}\right)^4\right) = 0,001 \text{ м}^3.$$

Напруження при згинанні у перерізі I-I цапфи циліндра:

$$\sigma_{32} = \frac{M_2}{W_2} = \frac{30800}{0,001} = 30800000 \text{ Па} = 30,8 \text{ МПа}.$$

Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma_{розр}} = \frac{350}{30,8} = 11,36$$

Умова міцності:

$$n \geq [n]$$

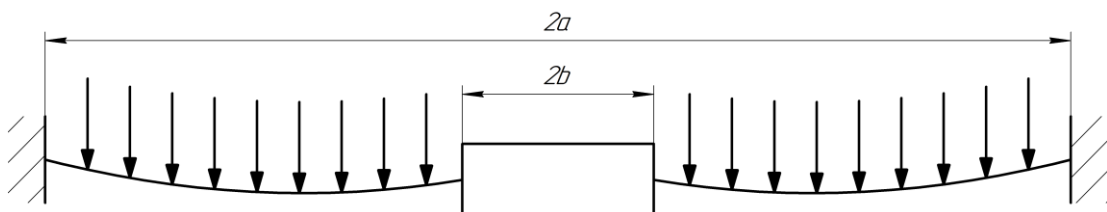
Маємо:

$$11,36 > 7$$

Висновок: цапфи холодильного циліндра задовольняють умовам міцності і будуть нормально працювати в заданих умовах .

4.7 Розрахунок кришки циліндра

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.7.



					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		50

Рисунок 4.7 – Розрахункова схема кришки циліндра

Мета розрахунку: перевірити кришку циліндра холодильного на умови міцності.

Вихідні данні:

- радіус кришки по окружності болтів a , м 0,645;
- радіус кришки в місці переходу цапфи на таріль b , м 0,15;
- товщина кришки δ_1 , м 0,12;
- тиск повітря p , МПа 0,5;
- коефіцієнт Пуассона μ [14] 0,24;
- границя міцності при розтягу σ_B , МПа [14] 140;
- допустимий запас міцності $[n]$ [3] 7.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [3].

Найбільше напруження в кришці від тиску в циліндрі:

$$\sigma_p = \frac{3p}{4\delta_1} \cdot ((a^2 + b^2) - \frac{4a^2b^2}{a^2 + b^2} \cdot \ln\left(\frac{a}{b}\right)) =$$

$$= \frac{3 \cdot 0,5}{4 \cdot 0,12} \cdot ((0,645^2 + 0,15^2) - \frac{4 \cdot 0,645^2 \cdot 0,15^2}{0,645^2 + 0,15^2} \cdot \ln\left(\frac{0,645}{0,15}\right)) = 0,981 \text{ МПа.}$$

Для зручності подальшого розрахунку введемо допоміжний коефіцієнт:

$$k = \frac{0,1a^2}{(b + 0,28a)^2} = \frac{0,1 \cdot 0,645^2}{(0,15 + 0,28 \cdot 0,645)^2} = 0,381.$$

Величина обернена до коефіцієнта Пуассона:

$$m = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,24} = 4,17$$

Найбільше напруження в кришці від згинаючого моменту М:

$$\sigma_M = \frac{3M}{4\pi\delta_1^2b} \left(1 + \frac{m+1}{m} \cdot \ln \frac{2(0,45a - b)}{0,45ka}\right) =$$

$$= \frac{3 \cdot 69130}{4 \cdot 3,14 \cdot 0,12^2 \cdot 0,15} \cdot \left(1 + \frac{4,17+1}{4,17} \cdot \ln \frac{2(0,45 \cdot 0,645 - 0,15)}{0,45 \cdot 0,381 \cdot 0,645}\right) = 16,5 \text{ МПа}$$

Сумарне напруження:

$$\sigma = \sigma_M + \sigma_p = 0,981 + 16,5 = 17,48 \text{ МПа.}$$

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		51

Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma} = \frac{140}{16,5} = 8,5$$

Умова міцності:

$$n \geq [n]$$

Маємо:

$$8,5 > 7$$

Висновок: кришка холодильного циліндра задовольняє умовам міцності.

4.8 Розрахунок болтів

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.8.

Мета розрахунку: перевірка запасу міцності болів холодильного циліндра на міцність.

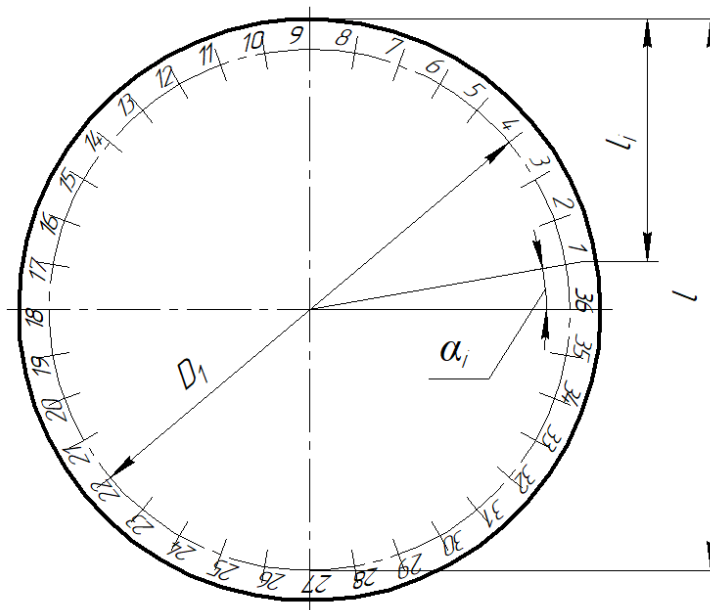


Рисунок 4.8 – Розрахункова схема болтів

Вихідні данні:

- діаметр циліндра D , м 1,5;
- діаметр осі болтів D_1 , м 1,36;
- найбільший згинаючий момент M , Нм 118409;
- діаметр болтів d_6 , м 0,03;

- кількість болтів z

36;

- допустимий запас міцності $[n]$ [3]

1,25.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в [3].

Площа поперечного перерізу:

$$F_6 = \frac{\pi d_6^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} = 0,00071 \text{ м}^2$$

Відстань від осі болтів до верхньої кромки циліндра:

$$l_1 = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_1) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(10^\circ)) = 0,632 \text{ м.}$$

$$l_2 = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_2) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(20^\circ)) = 0,517 \text{ м.}$$

$$l_3 = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_3) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(30^\circ)) = 0,41 \text{ м.}$$

$$l_4 = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_4) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(40^\circ)) = 0,313 \text{ м.}$$

$$l_5 = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_5) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(50^\circ)) = 0,229 \text{ м.}$$

$$l_6 = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_6) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(60^\circ)) = 0,161 \text{ м.}$$

$$l_7 = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_7) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(70^\circ)) = 0,111 \text{ м.}$$

$$l_8 = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_8) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(80^\circ)) = 0,08 \text{ м.}$$

$$l_9 = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_9) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(90^\circ)) = 0,07 \text{ м.}$$

$$l_{10} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{10}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(100^\circ)) = 0,08 \text{ м.}$$

$$l_{11} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{11}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(110^\circ)) = 0,111 \text{ м.}$$

$$l_{12} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{12}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(120^\circ)) = 0,161 \text{ м.}$$

$$l_{13} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{13}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(130^\circ)) = 0,229 \text{ м.}$$

$$l_{14} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{14}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(140^\circ)) = 0,313 \text{ м.}$$

					ЛН82МП.705441.001 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

$$l_{15} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{15}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(150^\circ)) = 0,41 \text{ м.}$$

$$l_{16} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{16}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(160^\circ)) = 0,517 \text{ м.}$$

$$l_{17} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{17}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(170^\circ)) = 0,632 \text{ м.}$$

$$l_{18} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{18}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(180^\circ)) = 0,75 \text{ м.}$$

$$l_{19} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{19}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(190^\circ)) = 0,868 \text{ м.}$$

$$l_{20} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{20}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(200^\circ)) = 0,983 \text{ м.}$$

$$l_{21} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{21}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(210^\circ)) = 1,09 \text{ м.}$$

$$l_{22} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{22}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(220^\circ)) = 1,187 \text{ м.}$$

$$l_{23} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{23}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(230^\circ)) = 1,271 \text{ м.}$$

$$l_{24} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{24}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(240^\circ)) = 1,339 \text{ м.}$$

$$l_{25} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{25}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(250^\circ)) = 1,389 \text{ м.}$$

$$l_{26} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{26}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(260^\circ)) = 1,42 \text{ м.}$$

$$l_{27} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{27}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(270^\circ)) = 1,43 \text{ м.}$$

$$l_{28} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{28}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(280^\circ)) = 1,42 \text{ м.}$$

$$l_{29} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{29}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(290^\circ)) = 1,389 \text{ м.}$$

$$l_{30} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{30}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(300^\circ)) = 1,339 \text{ м.}$$

$$l_{31} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{31}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(310^\circ)) = 1,271 \text{ м.}$$

$$l_{32} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{32}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(320^\circ)) = 1,187 \text{ м.}$$

$$l_{33} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{33}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(330^\circ)) = 1,09 \text{ м.}$$

$$l_{34} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{34}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(340^\circ)) = 0,983 \text{ м.}$$

$$l_{35} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{35}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(350^\circ)) = 0,868 \text{ м.}$$

$$l_{36} = \frac{1}{2}(D - D_1 \sin \alpha_{36}) = \frac{1}{2} \cdot (1,5 - 1,36 \cdot \sin(360^\circ)) = 0,75 \text{ м.}$$

Сумарна відстань від осі болтів до верхньої кромки циліндра:

$$\begin{aligned} \sum l_i &= 0,632 + 0,517 + 0,41 + 0,313 + 0,229 + 0,161 + 0,111 + 0,08 + 0,07 \\ &\quad + 0,08 + 0,111 + 0,161 + 0,229 + 0,313 + 0,41 + 0,517 + 0,632 \\ &\quad + 0,75 + 0,868 + 0,983 + 1,09 + 1,187 + 1,271 + 1,339 + 1,389 \\ &\quad + 1,42 + 1,43 + 1,42 + 1,389 + 1,339 + 1,271 + 1,187 + 1,09 + 0,983 \\ &\quad + 0,868 + 0,75 = 28,75 \text{ м.} \end{aligned}$$

Відстань від осі найбільш навантаженого болта до верхньої кромки циліндра:

$$l = \frac{1}{2}(D + D_1) = \frac{1}{2}(1,5 + 1,36) = 1,43 \text{ м.}$$

Сила розтягу найбільш навантаженого болта від моменту М:

$$Q_M = \frac{M \cdot l}{\sum l_i^2} = \frac{118409 \cdot 1,43}{28,75^2} = 205 \text{ Н.}$$

Сила розтягу болта від тиску р:

$$Q_p = \frac{\pi \cdot D_2^2 \cdot p}{4 \cdot z} = \frac{3,14 \cdot 1,29^2 \cdot 0,5 \cdot 10^6}{4 \cdot 36} = 18143 \text{ Н.}$$

Сумарна розтягуюча сила що діє на найбільш навантажений болт:

$$Q = Q_M + Q_p = 205 + 18143 = 18348 \text{ Н.}$$

Найбільше напруження:

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= \frac{k_{ст}(1 - \chi)Q}{F_6} \cdot 1,3 + \frac{\chi Q_M}{F_6} = \frac{2,5 \cdot (1 - 0,2) \cdot 18348}{0,00071} \cdot 1,3 + \frac{0,2 \cdot 205}{0,00071} = \\ &= 67247605 \text{ Па} = 67,25 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

де χ – коефіцієнт основного навантаження [3];

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

$k_{ст}$ – коефіцієнт запасу проти розкриття стику[3].

Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma}{\sigma_{max}} = \frac{350}{67,25} = 5,2$$

Умова міцності:

$$n \geq [n]$$

Маємо:

$$5,2 > 1,25$$

Висновок: болтове з'єднання задовольняє умовам міцності і буде нормально працювати в заданих умовах.

4.9 Вибір і розрахунок підшипників

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.9.

Мета розрахунку: вибір підшипників і визначення їх довговічності.

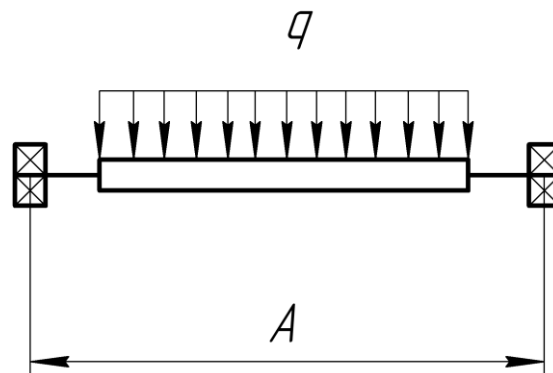


Рисунок 4.9 – Розрахункова схема вибору підшипників

Вихідні дані:

- питоме навантаження від натягу сітки q_n , Н/м	6062
- питоме навантаження від сили тяжіння валу q_u , Н/м	15092
- відстань між підшипниками A , м	5,8
- коефіцієнт радіального навантаження X	1;
- коефіцієнт осьового навантаження Y	0;
- коефіцієнт обертання K_K	1;

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

- коефіцієнт температурний K_T 1;
- коефіцієнт безпеки K_σ 1,2.
- мінімально допустима довговічність підшипника $[L_h]$, год. [16] $0,5 \cdot 10^6$

Розрахунок проводимо за методикою наведеною в літературі [16].

Сумарне питоме навантаження цапф:

$$q = q_{\text{ц}} + q_{\text{н}} + q_{\text{в}} = 15092 + 6062 + 8096 = 29250 \text{ Н/м.}$$

Приведена сила:

$$Q = qA = 29250 \cdot 5,8 = 169650 \text{ Н.}$$

Вибираємо підшипник NNCF 5044 CV роликовий радіальний сферичний двохрядний, в якого $D = 370$ мм, $d = 220$ мм, $B = 120$ мм, $m = 54,8$ кг, $C = 1370000$ Н. [17]

Приведене навантаження на один підшипник:

$$Q_{\text{пр}} = \frac{Q}{2} (XK_K + 0,1Y) K_T K_\sigma = \frac{169650}{2} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 101790 \text{ Н.}$$

Число обертів циліндра:

$$n_{\text{об}} = \frac{V}{\pi \cdot D} = \frac{7}{3,14 \cdot 1,5} = 1,49 \text{ с}^{-1} \text{ або } 89,4 \text{ хв}^{-1},$$

Довговічність підшипника:

$$L^0 = \left(\frac{C}{Q_{\text{пр}}} \right)^{\frac{10}{3}} = \left(\frac{1370000}{101790} \right)^{\frac{10}{3}} = 5799 \text{ млн. обертів;}$$

Довговічність, год.:

$$L_h = \frac{10^6 L^0}{60 \cdot n_{\text{об}}} = \frac{5799 \cdot 10^6}{60 \cdot 89,4} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ год.}$$

Умова довговічності:

$$L_h \geq [L_h]$$

Маємо:

$$1,1 \cdot 10^6 \text{ год.} > 0,5 \cdot 10^6 \text{ год.}$$

Висновок: вибраний роликовий радіальний двохрядний підшипник SKF NNCF 5044 CV, підходить за довговічністю

4.10 Розрахунок механізму сіткоправки

Схема розрахунку механізму сіткоправки показана на рисунку 4.10

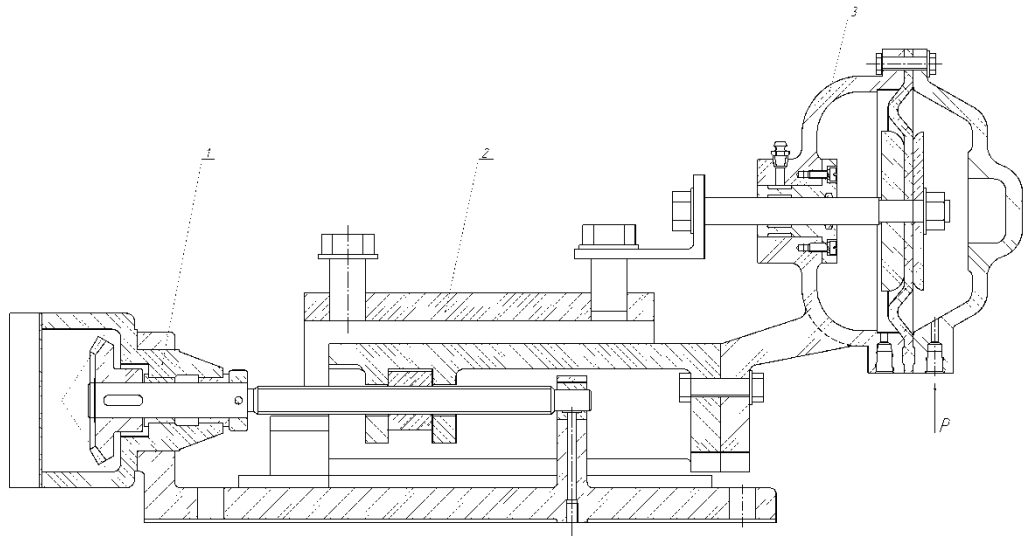


Рисунок 4.10 – Механізм сіткоправки

1 – механізм приводу; 2 – платформа; 3 – корпус

Для підтримання сітки в заданому положенні – симетрично відносно осі машини, на машині встановлюють механізм сіткоправки.

Метою даного розрахунку є визначення тиску, який потрібно створити в пневмобалоні.

Вихідні дані:

- лінійний натяг сітки, S_n , кН/м	4
- ширина сітки, B , м	4,6
- найбільший допустимий тиск в пневмобалоні, P , МПа	0,4

Розрахунок ведемо за методикою [3]:

Рівнодіюча сила натягу сітки, тобто зусилля, яке потрібно створити на каретці сіткоправки:

$$Q_z = 2q_n B \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 4 \cdot 4,6 \cdot \sin \frac{15^\circ}{2} = 4,8 \text{ кН},$$

Тиск, що потрібно створити в пневмобалоні:

$$P_u = \frac{2Q_z}{\pi d^2 \eta_n} = \frac{2 \cdot 4800}{3,14 \cdot 0,47^2 \cdot 0,85} = 162827 \text{ Па} = 0,163 \text{ МПа},$$

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

де d – діаметр пневмобалона, м;

η – ККД пневмопристою [3].

Висновок: в результаті розрахунку було визначено, що необхідний тиск в пневмобалоні складає 0,16 МПа.

4.11 Визначення потужності приводу

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.11.

Мета розрахунку: визначення необхідної потужності електродвигуна для забезпечення приводу холодильного циліндра.

Вихідні дані:

- приведена сила Q , Н 169650;
- швидкість машини V , м/с (м/хв) 10 (600);
- кількість холодильних циліндрів $n_{\text{ц}}$, шт 2

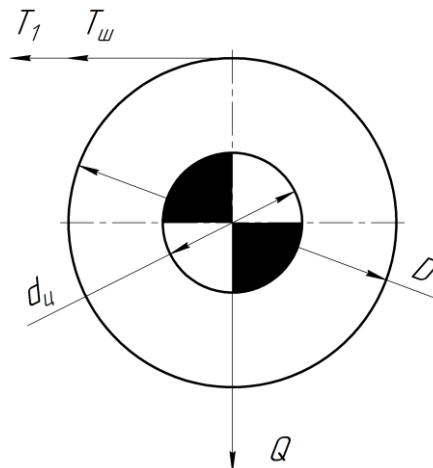


Рисунок 4.11 – Схема тягових зусиль, потрібних на здолаття тертя в підшипниках

Умови:

- ККД електродвигуна $\eta=93,2\%$.

Розрахунок проводимо за методикою наведеною [18].

Визначаємо потужність сушильної групи по такій формулі:

$$N = \frac{\sum T_i V K_m K_v}{\eta \cdot 1000}$$

де $\sum T_i$ – сума тягових зусиль, Н;

V – швидкість, м/хв;

η - ККД електродвигуна.

Тягове зусилля для здолання тертя в підшипниках циліндра [18]:

$$T_1 = Qf \frac{d_{\text{ц}}}{D} = 169650 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,22}{1,5} = 1244,1 \text{ Н},$$

де f – коефіцієнт тертя для роликового підшипника;

$d_{\text{ц}}$ – діаметр цапфи, м.

Тягове зусилля для здолання тертя шабера по поверхні вала [18]:

$$T_{\text{ш}} = q_{\text{л}} B f_{\text{ш}} = 220 \cdot 4,25 \cdot 0,3 = 280,5 \text{ Н},$$

де $q_{\text{л}}$ – лінійний тиск шабера, Н/м [18];

B – ширина картонного полотна, м [18];

f – коефіцієнт тертя для шабера [18].

Сумарне тягове зусилля для одного циліндра:

$$T_{\text{ц}} = T_1 + T_{\text{ш}} = 1244,1 + 280,5 = 1524,6 \text{ Н}.$$

Далі визначення суми тягових зусиль:

$$\sum T_i = n_{\text{ц}} T_{\text{ц}} = 2 \cdot 1524,6 = 3049,2 \text{ Н},$$

де $n_{\text{ц}}$ – кількість холодильних циліндрів в групі.

Сума тягових зусиль з урахуванням загального ККД привода холодильного циліндра [18]:

$$T_{\Sigma} = \frac{\sum T_i}{\eta} = \frac{3049,2}{0,877} = 3477 \text{ Н}.$$

Необхідна потужність:

$$N = \frac{T_i V K_m K_v}{1000} = \frac{3477 \cdot 10 \cdot 1,04 \cdot 1,25}{1000} = 45,2 \text{ кВт}.$$

де K_v – коефіцієнт впливу швидкості на коефіцієнт тертя [18];

K_m – коефіцієнт тимчасового перевантаження [18].

Потужність двигуна з урахуванням коефіцієнту корисної дії електродвигуна [18]:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_c}{\eta} = \frac{45,2}{0,932} = 48,5 \text{ кВт}.$$

Потужність двигуна з урахуванням пускового коефіцієнту [18]:

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		60

Продовження таблиці 4.12

Установочні розміри, мм				Маса, кг
h ₂	h ₅	h ₆	h ₁₀	
11	85	69	30	742

Таблиця 4.12.1 – Технічні характеристики двигуна АИР280S4

Потужність кВт	ККД %	Ковзання %	Частота обертання об/хв	Коефіцієнт потужності	Відношення пускового струму до номінального го	Відношення максимально го моменту до номінального
110	95,1	0,87	1500	0,90	6,4	2,1

Висновок: обрано електродвигун АИР280S4 потужністю 110 кВт, частотою обертання 1500 об/хв.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Згідно до Закону України про охорону праці під час роботи картоноробної машини, а саме – холодильної частини, необхідно розробити безпечні умови праці персоналу.

Під час роботи виникають шкідливі фактори для здоров'я та життя людини, які можуть завдавати травми та викликати появу професійних захворювань, тому необхідно щоб ці фактори відповідали встановленим державним та галузевим стандартам, а також санітарним нормам та правилам.

Для безпечної роботи персоналу на лінії необхідно ознайомитися з її конструкцією та принципом роботи, знати правила безпеки для підприємств з виробництва картону, правила пожежної безпеки, правила техніки безпеки під час експлуатації електроустановок споживачів.

Згідно до теми магістрської дисертації «Розроблення холодильної частини для модернізації картоноробної машини» на стадії виробництва картону під час роботи лінії розробляються заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.

Під час роботи оператора на робочому місці, площа і об'єм якого $S = 40 \text{ м}^2$, $V = 120 \text{ м}^3$ відповідно, існують такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

- електронебезпека;
- виробниче освітлення;
- повітря робочої зони;
- механічна небезпека;
- пожежна небезпека;
- надзвичайні ситуації.

Електробезпека

За класифікацією приміщень по ступеню небезпеки ураження електричним струмом, приміщення де встановлена картоноробна машина відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою. За характером навколишнього середовища,

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		63

приміщення характеризується як вологе (відносна вологість повітря в приміщенні близько 75 %).

Для роботи холодильної частини КРМ використовується напруга 220/380 В та $f = 50$ Гц, що вимагає використовувати трьохфазну мережу з глухозаземленою нейтралю.

Причини електротравм персоналу під час роботи лінії можуть бути такі:

- помилкове включення установки;
- пробій на корпус;
- потрапляння працівника під напругу під час проведення ремонтних робіт на вимкненому електроустаткуванні через помилкове його ввімкнення;
- випадкове доторкання до струмоведучих частин, що перебувають під напругою.

Заходи захисту персоналу від враження електричним струмом під час роботи лінії [12]:

- ретельна перевірка ізоляції на мережі перед кожним запуском лінії в роботу, опір ізоляції $R_{із} \geq 0,5$ МОм;
- періодичний інструктаж персоналу з вимог техніки безпеки при роботі на лінії;
- в електроустановках застосовані види ізоляції згідно ГОСТ 12.1.009-76;
- забезпечення недоступності струмопровідних частин електроустановок;
- застосування блоків безпеки;
- розташовано таблички з написами “Обережно! Електрична напруга” безпосередньо на струмоведучих частинах лінії;
- застосовано сигнальні лампи зеленого кольору “Вимкнено” та червоного кольору “Ввімкнено» на шафі управління лінією;
- виконання електричних мереж, ізольованими від землі;
- застосування розділення електричних мереж;
- компенсація ємнісних струмів замикання на землю;

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

- клемні коробки та коробки електродвигунів виконані пило-водонепроникними;
- електрообладнання, яке розташоване в окремих шафах винесене в приміщення які не відносяться до пожежонебезпечних;
- проведення дротів та кабелів безпосередньо по станинам обладнання виконане в сталевих трубах;
- підведення електричного струму безпосередньо до обладнання здійснюється на недосяжній висоті;
- монтаж електрообладнання та його заземлення виконуються згідно з вимогами системи стандартів ССБТ:

ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.1.030-82;

Всі струмоведучі частини виробів АСУ ТП, які знаходяться під напругою, перевищує 42 В по відношенню до корпусу, мають захист від випадкових дотиків під час роботи.

Занулення виконують за допомогою з'єднання електричного металічних частин електроустановок з точкою заземлення джерела струму за допомогою нульового захисного провідника.

В аварійному режимі

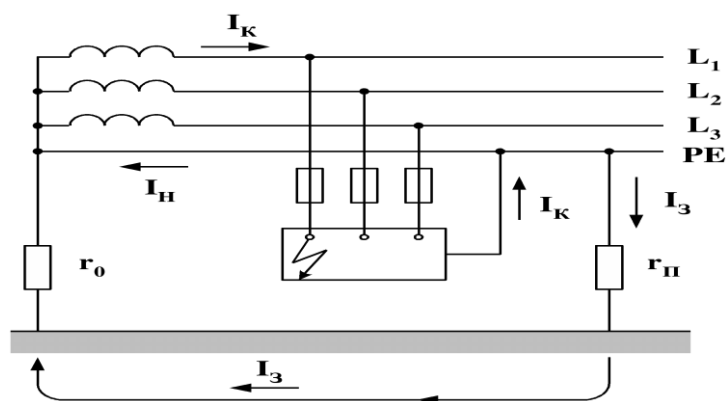


Рисунок 5.1 – Захисне занулення

Параметри відповідають ГОСТ 12.1.030-87

Вимоги по безпеці встановлюються спеціальним розділом посадових інструкцій і інструкцій по експлуатації технічних засобів.

Технічні засоби АСУ ТП установлені так, щоб забезпечувалась їх безпека в експлуатації та технічному обслуговуванні.

Виробниче освітлення

Для створення сприятливих умов зорової роботи працівників освітлення робочих приміщень повинне задовольняти таким умовам:

- рівень освітленості робочих поверхонь має відповідати гігієнічним нормам для даного виду роботи;
- мають бути забезпечені рівномірність та часова стабільність рівня освітленості у приміщенні, відсутність різких контрастів між освітленістю робочої поверхні та навколишнього простору, відсутність на робочій поверхні різких тіней (особливо рухомих);
- у полі зору предмета не повинно створювати сліпучого блиску;
- штучне світло, що використовується на підприємствах, за своїм спектральним складом має наближатися до природного;
- не створювати небезпечних та шкідливих факторів (шум, теплові випромінювання, небезпеку ураження струмом, пожежо- та вибухонебезпечність);
- бути надійним, простим в експлуатації та економічним.

Згідно гігієнічним нормам освітленість в межах не менше $E = 300$ лк

Повітря робочої зони

Вимоги праці на сушильній частині КРМ: категорія – середньої ваги 2а (енерговитрати 150....200 ккал/годин), забезпечено оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості вітру в робочій зоні:

- а) для холодного та перехідного періодів температура 18...20°C, відносна вологість 40...60% та швидкість вітру не більше 0,2 м/с;
- б) для теплого періоду температура 21...23°C, відносна вологість 75% та швидкість вітру не більше 0,3 м/с.

Робота сушильної частини папероробної машини пов'язана з виділенням значної кількості тепла, водяної пари та паперового пилу в оточуюче середовище. З метою усунення шкідливих виробничих факторів передбачено наступні заходи:

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		66

- сушильна частина розміщується під закритим ковпаком, обладнаним приточно-витяжною вентиляцією та системою тепloreкyперації;
- виключена необхідність перебування обслуговуючого персоналу безпосередньо біля працюючої конструкції шляхом автоматизації ходу технологічного процесу та встановлення системи дистанційного керування ним;
- у виробничому приміщенні забезпечуються прийнятні параметри повітря шляхом його вентиляції, водяного опалення (температура теплоносія від 70 до 90 °C) в холодну та кондиціонування в теплу пору року.

При реалізації вищеперерахованих заходів параметри повітря робочої зони відповідають ГОСТу 12.1.005-88 і ДСН 3.3.6.042-99.

Механічна небезпека

При виробництві картону картоноробна машини складаються з рухомих частин які працюють під тиском та обертаються на дуже великій швидкості.

Загальні вимоги безпеки виробничого устаткування розробляються відповідно до ГОСТ 12.2.003-91 з урахуванням призначення, використання та умов його експлуатації.

Основний нормативний документ, що регламентує вимоги безпеки для устаткування, що працює під надлишковим тиском є ДНАОП 0.00.-1.07-94 «Правила будови і безпечної експлуатації посудини, що працюють під тиском» зі змінами і доповненнями від 11.07.97 р.

Невиконання правил із техніки безпеки при роботі на установці може призвести до трав чи навіть смерті.

Тому існують такі правила безпеки:

1. Вздовж всієї лінії повинна стояти огорожа
 - При ремонтних робіт, якоїсь частини лінії працівник повинен повісити таблицю: «Обережно! Працюють люди!»
 - Не підходити до рухомих частин машини ближче ніж на 1м.
2. Для використання допускається лише обладнання яке пройшло гідравлічне випробування згідно з нормативною документацією, погодженою з

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		67

Держпромгірнаглядом

3. Обладнання яке працює під тиском повинне бути оснащене:

- запірною і запірно-регулювальною арматурою;
- приладами для вимірювання тиску, температури, рівня рідини;
- запобіжними приладами.

Пожежна безпека

Сушильна частина папероробної машини є об'єктом підвищеної пожежонебезпечності.

У зв'язку з цим за ОНТП 24-86 виробництво відноситься до категорії В, клас зони П-Па.

Як відомо, для виникнення пожежі необхідна одночасна присутність трьох компонентів: горючої речовини, джерела запалювання та окислювача.

Серед причин, що можуть призвести до загорання, відзначимо найімовірніші:

- несправність електроживлення;
- струми короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;
- використання відкритого вогню в неналежному місці;
- застосування легкозаймистих речовин, їхнє зберігання поблизу установки.

Запобігання запаленням відповідно до ГОСТ 12.004-91 забезпечується такими заходами:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- догляд за територією відповідно до вимог пожежної безпеки;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- паління у спеціальних місцях;
- своєчасне проведення інструкцій серед обслуговуючого персоналу
- організація наочної агітації з техніки безпеки;
- вчасна перевірка устаткування, особливо електричного;
- дотримання вимоги на засоби пожежогасіння;
- наявність пожежної сигналізації (датчик КІ-1, приймальна станція РУОП

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Для гасіння невеликих вогнищ запалень при вимкненому електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 та пінні.

Для гасіння ввімкнених електромереж застосовують порошкові вогнегасники з речовинами ОПС-10 і ОППС-100.

У цеху на відстані 30 м один від одного встановлені пожежні гідранти з рукавами по 15 м.

Відстані до пожежних евакуиходів – 35 м, кількість виходів – 3.

Ширина дверей евакуиходів – 2,5 м згідно з СНиП 2.09.02-85.

До надзвичайних ситуацій відносять пожежу. За ГОСТ 27331-87 горіння картону та паперу відносять до класу А (горіння речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням).

Пожежа – це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі та створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу. Приміщення по виробництву паперу можна віднести відповідно до ОНТП 24-86 до категорії В (пожежонебезпечні), а зону до класу П-Па відповідно ПУЕ.

Основним нормативним документом, що регламентує вимоги щодо пожежної безпеки є Закон України “Про пожежну безпеку”.

Основними причинами пожеж на виробництві картону є:

- необережне поводження з вогнем;
- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- порушення режимів технологічних процесів;
- несправність опалювальних приладів;
- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки;
- коротке замикання;
- спалахування картонного полотна.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

З метою попередження пожежі необхідно: проводити інструктажі з пожежної безпеки; дотримуватись правил протипожежної безпеки; перевіряти електрообладання.

На даній виробничій ділянці необхідно дотримуватись наступних правил пожежної безпеки:

- забороняється палити на робочому місці;
- забороняється залишати без догляду ввімкнені електроприлади;
- забороняється зберігати на робочому місці легкозаймисті речовини у великій кількості.

З метою своєчасного оповіщення, на ділянці встановлено протипожежну сигналізацію. Проходи та запасні виходи є вільними. Пожежний щит розміщується в доступному місці та містить первинні засоби пожежогасіння: вогнегасник, лопату, відро, простирадло, ящик з піском [13]. Працівники дотримуються правил поведінки при виникненні пожежі на об'єктах:

- у випадку виникнення пожежі необхідно викликають спеціалізовану пожежну частину за телефоном 101 та повідомляють керівництво і персонал;
- приймають необхідні заходи щодо гасіння пожежі власними силами;
- евакуюють людей і майно, в першу чергу евакуюють найбільш цінні та пожежонебезпечні матеріали;
- у випадку, якщо неможливо погасити пожежу власними силами, якнайшвидше залишають приміщення через основні та запасні виходи, як показано на плані евакуації;
- виходячи з приміщення, де виникла пожежа, щільно зачиняють двері, щоб зменшити надходження кисню до приміщення;

Головна небезпека, від якої гинуть люди на пожежі - дим і гаряче повітря, тому у задимленому приміщенні дихати потрібно тільки через мокру щільну тканину, пам'ятаючи, що поблизу підлоги концентрація диму найменша. Також в шкафчику в кабіні оператора повинен бути вогнегасник вуглекислотний типу ОУ2 (ОУ-1,4) та порошковий типу ОП-9 та протигази.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

З метою недопущення присутності усіх трьох наведених складових при роботі проектованої сушильної частини передбачено наступні організаційно-технічні заходи:

- забороняється використання відкритого вогню у виробничому приміщенні;
- організовується ретельне і вчасне прибирання паперового браку та пилу, який накопичився на конструкції;
- встановлюється контроль за дотриманням вимог щодо використання і зберігання змащувальних матеріалів;
- здійснюється нагляд за справністю наявного електроустаткування.

Для швидкої ліквідації осередків займання та порятунку людей при пожежі:

- ковпак сушильної частини обладнується датчиками загоряння, пов'язаними з ланцюгами автоматичного блокування приточно-витяжної вентиляції та подачі повітря в підвідні колектори конвекторів;
- ковпак оснащується системою швидкого пожежогасіння, сплінкерною, дрейчерною установкою або системою парогасіння (інтенсивність подачі пари не менше $0.002 - 0.005 \text{ кг}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$);
- у виробничому приміщенні розміщуються пожежні гідранти на відстані не більше 30 м один від одного, а також первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники, ящики з піском, необхідний інструмент);
- приміщення обладнується системою оперативного зв'язку з найближчою пожежною частиною;
- передбачено еваковиходи з виробничої будівлі. Їх кількість повинна бути такою, щоб найбільша відстань до виходу становила 40 м. Двері еваковиходу відчиняються назовні, ширина прорізу дверей складає 2 м.

Пожежна характеристика матеріалів: на установці використовується сировина у вигляді волокон, вони легкозаймисті.

Вогнестійкість будівлі за СНиП 2.01.02-85 відповідає категорії II.

Протипожежна безпека сушильної частини КРМ відповідає вимогам СНиП 2.01.02-85.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		71

Надзвичайні ситуації

У випадку при вибуху небезпечного об'єкта ступінь руйнування будівлі, споруди чи обладнання залежить від їх міцності та величини надмірного тиску ударної хвилі. Величина надмірного тиску, в свою чергу, залежить від типу і кількості вибухової речовини та відстані від центру вибуху до дослідного об'єкта.

Під час вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів величина надмірного тиску залежить від того в яку фізичну зону вибуху потрапить об'єкт. Таких зон утворюється 3 (рисунок 5.4):

Зона 1 – детонаційної хвилі.

Зона 2 –дії продуктів вибуху.

Зона 3 – дії ударної хвилі.

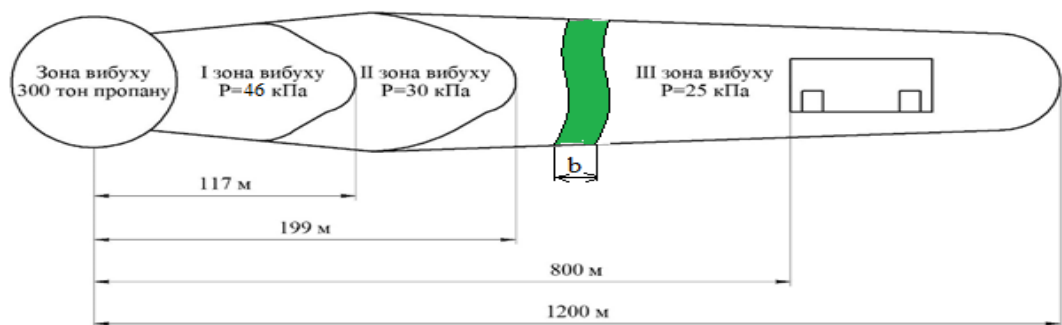


Рисунок 5.2 – Ураження вибухом

Ударна хвиля вибуху уражає людей шляхом прямої та непрямої дії. Пряма дія відбувається безпосередньо надмірним тиском УХ і може викликати травми.

У випадку якщо в сусідньому приміщенні є сховище з вибухонебезпечними предметами (300 т зрідженого пропану). Приблизна відстань до центру вибуху 800 м.

$$\Delta P_{\phi} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L^3}{Q}} - 1} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{800^3}{300}} - 1} = 22,915 \text{ кПа}$$

де L – відстань до центру вибуху, м

Q – кількість вибухової речовини, т.

Залежно від надмірного тиску ΔP_{ϕ} ступінь ураження людей Легкі травми - легка контузія організму, часткова втрата слуху, вивихи кінцівок. Крім того, зруйнована будівля викличе непряму дію.(проявляється через ураження людей уламками зруйнованих будівель) ударної хвилі на людей.

Відповідно до правил пожежної безпеки. У виробничі будівлі, споруди, устаткування при одноразовому знаходженні на поверсі більше 10 осіб мають бути розроблені і на видних місцях вивішені плани (схеми) евакуації людей при пожежі. План евакуації зображений на рисунку 5.5.

Основними вимогами є:

Пожежні гідранти мають бути встановлені на відстані 30 метрів одне від одного та мати рукава довжиною до 10 метрів.

Пожежний вихід має бути не більше ніж за 40 метрів.

Двері еваковиходу мають відкриватися на зовні та їх має бути не менше двох з шириною 2 метри.

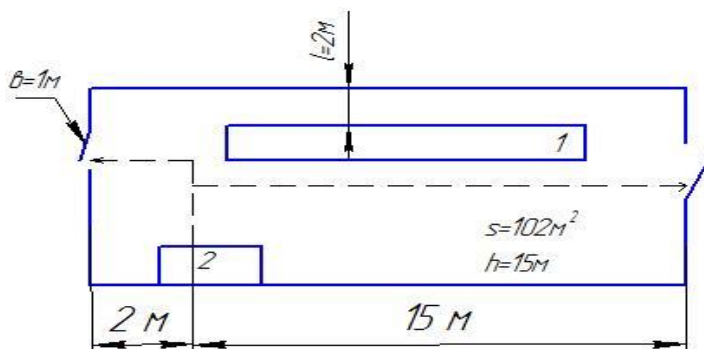


Рисунок 5.3 – План евакуації

Висновок: в холодильній частині картоноробної машини проаналізовано умови праці та розроблено заходи по електробезпеці, рухомі механізми. Також розраховано необхідну кількість ламп для освітлення приміщення в якому знаходиться холодильна частина. Шум та вібрація не перевищують 98 дБа. Надано план-схему при евакуації з цеху.

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації холодильної частини

Монтаж холодильної частини зазвичай починають з установки першого холодильного циліндра, вісь якого розмічається безпосередньо на фундаментних шинах відповідно до монтажно-настановних креслень.

Базовою віссю для розмітки осьової лінії першого холодильного циліндра може бути вісь нижнього вала останнього преса. Вивірка першого холодильного циліндра на горизонтальність і паралельність останньому (нижньому) валу преса здійснюється звичайними методами, характерними для вивірки всіх валів. Відхилення від паралельності допускають не більше $\pm 0,1$ мм, а від горизонтальності не більше 0,05 мм на всю довжину [20]. Для вивіряння використовують нутромір і рівень 2 класу точності. Відхилення від паралельності осей станини між собою і відносно головної поздовжньої осі машини не більше 0,5 мм. Вісь першого холодильного циліндра зноситься за допомогою схилів на нижній поверх і служить базою для монтажу в нижньому поверсі.

Сітководучі валики і механізми натяжки і редагування нижнього ряду сіток (сукон) опускаються в нижній поверх, де і здійснюється їх монтаж щодо першого холодильного циліндра. Потім ведеться послідовно монтаж холодильних циліндрів нижнього ряду і другого ряду разом з їх сітководучими валиками, механізмами правки і натягу. Всі осьові лінії холодильних циліндрів нижнього ряду розкреслюють ризиками безпосередньо на фундаментних шинах.

Одночасно з обладнанням холодильної частини ведеться монтаж автоматичної централізованої системи змащення підшипників холодильних циліндрів і зубчастих зачеплень приводу. Устаткування цих систем для широких високошвидкісних машин зазвичай складається з декількох насосних установок (робочих і резервних), магістральних і індивідуальних маслопроводів, ротаметрів до кожного гнізда тертя, масляних фільтрів і баків для масла місткістю до 25-50 т і масло охолоджувачів. Автоматична мастильна система може забезпечуватися різними пристроями, що сигналізують про аварійні стани підшипникових вузлів.

З лицевої сторони монтують систему водяного охолодження циліндра

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		74

(водяну головку і сифон), для подачі та видалення з циліндра води. Після чого вона випробовується гідравлічним тиском 0,5 МПа впродовж 5 хвилин. Всі з'єднання повинні бути герметичними, протікання не допускається.

Надійна та тривала робота при мінімальному зносі деталей можлива при правильному догляді з дотриманням графіку планово-попереджувальних робіт і підтриманні циліндра в справному стані.

Планово-попереджувальний ремонт, є основним видом ремонтних робіт, виконується під час планових простоїв. Ціль такого ремонту – своєчасним оглядом обладнання та заміною зношених деталей та вузлів, попередити можливість поломки деталей, забезпечення безперебійної роботи обладнання та попередити неприпустимий його знос. При планово-попереджувальному ремонті огляд обладнання проводять в встановлені графіком строки. Деталі та окремі частини замінити у залежності від їх фактичного зносу. Кожні 5 років виконувати зупинку на 15-30 днів для капітального ремонту.

Основними ремонтними роботами на холодильній частині є [2]:

1. Огляд (через 6-12 місяців), а при необхідності і зміна підшипників холодильних циліндрів.

2. Огляд шестерень холодильних циліндрів (через 3-4 місяці). При огляді вимірюються радіальний і бічний зазори між зубами шестерень; за величиною зазорів можна судити про знос підшипників і шестерень. Радіальний зазор повинен бути в межах 0,2 м (модуля). Бічний зазор в шестернях III і IV класів точності виготовлення повинен бути порядку (0,06 - 0,10) м.

3. Огляд сальників і заміна набивки в сальники (через 3-12 тижнів, в залежності від конструкції сальників). Періодично регулюють сальники, а іноді і додають прографічену азбестову набивку.

4. Огляд сифонних трубок і наконечників (через 12 місяців).

5. Гідравлічне випробування холодильних циліндрів через 3-6 років, в залежності від стану циліндрів, а також наявності люків в кришках холодильних циліндрів, що дозволяють здійснювати їх внутрішній огляд.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

При розробці установки на всіх стадіях проектування повинні також використовуватись стандартні уніфіковані вузли та деталі.

Стандартизація – це зведення чисельних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов'язкових стандартних зразків.

Уніфікація – це раціональне скорочення числа типів, видів, розмірів вузлів і їх елементів. З урахування класифікації процесів, ряд машин і апаратів уніфіковані, тобто в конструкції передбачена можливість використання їх у різних виробництвах для проведення того самого процесу у визначеному діапазоні параметрів.

Наявність достатньо високого рівня стандартизації і уніфікації вузлів і деталей установки значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати на ремонт, експлуатацію і перехід при необхідності на нові режими роботи.

Пропонована холодильна частина складається з 1380 деталей, з яких:

- стандартизованих $N_c = 160$;
- уніфікованих $N_y = 1080$;
- індивідуальних ненормалізованих $N_i = 140$.

Тоді, частка уніфікованих деталей в конструкції складає:

$$K_y = \frac{N_y}{N_y + N_i} = \frac{1080}{1080 + 140} = 0,88.$$

Частка стандартизованих деталей в конструкції складає:

$$K_c = \frac{N_c}{N_c + N_i} = \frac{160}{160 + 140} = 0,53.$$

Висновок: за результатами розрахунків конструкція стандартизована на 53% та уніфікована на 88%, це дозволяє спростити процес виготовлення деталей та ціну конструкції в цілому.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

8 Розроблення стартап-проекту

8.1 Опис ідеї проекту

Хімічне виробництво – одна із найважливіших галузей сучасної промисловості в Україні. Одним з найвідповідальніших напрямків якої є паперова промисловість. Целюлозно–паперове виробництво доволі складний, багатоопераційний процес, який споживає велику кількість різноманітних видів матеріалів, природної сировини та хімічних продуктів. Також воно зв'язано з великими витратами теплової та електричної енергії, свіжої води та інших ресурсів і супроводжується утворенням виробничних відходів та стічних вод.

Таблиця 8.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигода для користувача
Збільшити швидкість охолодження картонного полотна для збільшення продуктивності	Встановити установку для покращення теплообміну в картонноробній машині на підприємствах по виробництву паперу	При більш швидкому охолодженні картонного полотна буде менша кількість холодильних циліндрів, що дає меншу металоємність.

До переваг існуючої конструкції слід віднести: легкість конструкції. До недоліків даної конструкції можна віднести: ймовірність розриву паперового полотна. Модернізація полягає в встановленні повітряних сприсків над холодильними циліндрами.

Встановлення установки дозволить збільшити продуктивність, а також збільшити швидкість охолодження картону після холодильної частини за рахунок збільшення притискання полотна, що покращує теплообмін.

Основні техніко–економічні показники базової і вдосконаленої пресової частини, для порівняння, знаходяться в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економіч ні характер истики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів		W (слабка сторона)	N (нейтра льна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект (відсмоктуючий прес)	Конкурент (жолобчатий прес)			
1.	Кінцева вологіст ь	95 %	95.45 %	-	-	Більша швидкіс тьохоло дження картоно го полотна
2.	Річна продукт ивність	215167, т/рік	204409, т/рік	-	-	Більша продукт ивність
3.	Годинна продукт ивність	25,855, т/год	24,562, т/год	-	-	Більша продукт ивність
4.	Встанов лена потужні сть	76.8, кВт	72,8, кВт	Підви щені витрат и енергії	-	-

При незначних додаткових витратах електроенергії отримуємо значний приріст продуктивності, а також більшу сухість картонного полотна.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Результат проведеного аудиту способу, за допомогою якого можна реалізувати ідею проекту, наведено його у таблиці.

Таблиця 8.3 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Збільшити швидкість охолодження картонного полотна (продуктивність)	Встановлення установки повітряних сприсків на виробництвах картонно-паперової галузі	На ринку є технологічні пристрої схожі за принципом	Модернізація можливо при наявності розрахунків

Обрана технологія реалізація проекту: провести розрахунки на ймовірність встановлення повітряних сприсків над холодильними циліндрами.

За результатами дослідження можна зробити висновок, що можливості технологічної реалізації проекту, та методи реалізації є можливими та ефективними.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз ринкових можливостей, які можна використовувати під час ринкового впровадження проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Таблиця 8.4 Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців	5
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	Немає даних

3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Рівномірність товщини картону.
5	Середня норма рентабельності в галузі, %	10
6	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO ДСТУ 3410-96

За результатами аналізу таблиці 8.4 можна зробити висновок що є можливість входження на ринок.

Динаміка і основні тенденції інноваційного ринку

За останні роки не було запроваджено подібних проектів і тому конкуренти тільки іменити бренди. Саме тому доцільно запровадити, цю продукцію на великих підприємствах аргументуючи високою продуктивністю.

Поговоримо трохи про ринок нашої продукції та як ми збираємося розповсюджувати нашу продукцію.

В умовах переходу до ринку головним чином виграють ті виробники, продукція яких більше конкурентоздатна. Це висока товарність, низька собівартість і відповідно низька ціна. А як відомо в масовому виробництві чим більше продукції виготовлено за одиницю часу тим краще. Використання нашої продукції збільшить не тільки продуктивність, а ще й якість. Також збільшиться діапазон виготовлення по товщині картону, тобто можливо бути виготовляти більш товстий картон високої якості.

Мій ринок знаходиться на етапі впровадження. Цей етап, як і життєвий цикл товару, розпочинається з виведення товару на ринок. Обсяги збуту зростають повільно, що пояснюється складнощами формування системи збуту і товароруху, певним консерватизмом споживачів, сповільненою їх реакцією на заходи з стимулювання збуту, повільним розгортанням нового виробництва тощо. Прибутку на цьому етапі ще немає, оскільки обсяги продажу незначні, а питомі витрати на просування нового товару на ринок на цьому етапі досягають максимуму. Головної уваги на цьому етапі слід приділяти формуванню системи збуту, інформативній

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

рекламі та іншим складовим комплексу стимулювання, формуванню системи сервісу, пошуку шляхів більш повного і ефективнішого задоволення потреб і запитів споживачів.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

Таблиця 8.5 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Упакування товару (картонні коробки), картонні листи,.	Підприємства, які виробляють паперову продукцію для пакування та підвищення їх ефективності	Безперервність поставок, оптова ціна , строки поставки	Рівномірна товщина картону

Виділимо фактори загроз (табл.. 8.6) і фактори можливостей (8.7).

Таблиця 8.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Правовий: податкове законодавство	Збільшення податків та оподаткування	Вчасне вивчення усіх законів, та своєчасна сплата податків
2	Політичний: антимонопольне регулювання	Втрата клієнтів продукції	Постійні рекламні акції
3	Економічний: рівень інфляції	Збільшення ціни на сировину	Створення амортизуючих проектів, що будуть реалізовані на інших ринках

Таблиця 8.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Науковий напрямки концентрацій техн. зусиль	Відкриття в даній галузі	Вивчення та впровадження даного відкриття
2	Політичний	Відкриття кордонів та зменшення податків	Спроба вийти на міжнародний ринок

Таблиця 8.8 Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства
1. Тип конкуренції: Монополістична	Конкуренція йде за об'єм продажу продукції	Стабільні оптові поставки
2. Рівень конкурентної боротьби: Національна	Компанії інших країн не інвестують в нашу країну	Тримання позиції на національному рівні
3. За галузевою ознакою: Міжгалузева	Продукція конкурентів відрізняється змінами в товарі	Створення удосконаленого пресового обладнання, яке спрямоване на збільшення продуктивності.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Клієнт вказує необхідні йому зміни в виробництві	Науковий розвиток з умовою підтримання бажань клієнту
5. За характером конкурентних переваг: цінова	За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість підвищується конкурентоспроможність товару	Постійне спостереження та оцінка цінової політики на ринку. Регулювання ціни в комплексі з якістю товару. Просування товару методами, що використовують фактичні розрахунки переваг товару (у чисельному вигляді)
6. За інтенсивністю: марочна	Ім'я бренду, впізнавана якість	Активна соціальна сторона питання. Рекламу в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів.

Таблиця 8.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
«Voith» <u>EXPO-LINK LTD</u>	Основні бар'єри входження на ринок: ефект масштабу великих компаній, недостатність інвестицій, обмежена можливість науково-дослідницьких та досвідно-конструкторських робіт	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика закордоном)	Цінова чутливість покупців. Прихильність до відомих брендів. Негативне ставлення до інновацій	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає

Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	Постачальники загалом не диктують умови. На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Наш продукт є доволі адаптовним для видозмінених компонентів.	Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукту, оскільки є з чого вибрати.	Мінімальне обмеження через товари-замінники.
---	--	--	--	--

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 8.9).

На основі аналізу конкуренції, проведеного в (таблиця 8.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.2), вимог споживачів до товару (таблиця 8.5) та факторів маркетингового середовища (таблиця № 8.6-8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблиця. 8.10

Таблиця 6.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Ціна	Зменшення затрат клієнту на придбання товару
2.	Якість обладнання	Уникнення несправностей під час використання продукту
3.	Наукова робота	Втілення нових технологій в виробництво

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 8.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 8.11).

Таблиця 8.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін систем ідентифікації з градієнтним алгоритмом

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашим проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	10				○			□

2	Інноваційність технології	10	○	□			□		
3	Можливість виходу на закордонний ринок	0					○		

*□ – «Voith»

○ – ККПК

Сильні сторони проекту: простота конструкції охолоджувальної установки, що робить її більш доступною в ціні; можливість виходу на закордонний ринок.

Таблиця 8.12 – формулювання управлінської проблеми SWOT- аналіз.

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - доступна вартість впровадження проекту, за рахунок простоти конструкції; - адаптованість послуг на суміжні ринки; - швидкий вихід товарів на ринок 	<ul style="list-style-type: none"> - підвищені енергозатрати; - програш іноземним компаніям; - зменшення постачальників за умови кризи;
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - вихід на закордонний ринок; - підвищення продуктивності за рахунок розробок; 	<ul style="list-style-type: none"> - швидкий розвиток технологій; - нестабільна ситуація в країні, збільшення податків - втрата новизни товару - Збільшення ціни на сировину

З таблиці 8.12 робимо висновок, що сильною стороною є швидкий розвиток та вихід на інші потенційні ринки, але є загроза з боку іноземних компаній та нестабільної ситуації в країні.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 8.13)

Таблиця 5.19 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Загарбник	Значні	Максимум 5 місяців
2	Наступник	Суттєві	Максимум рік

Після аналізу обираємо альтернативу загарбник. Тобто ми починаємо вести активну діяльність відразу на декількох ринках промисловості з подальшою метою виходу на міжнародний ринок.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 8.10).

Таблиця 8.10. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
1.	Державні картонні виробництва	82%	87%	Достатня конкуренція, оскільки більшість конкурентів працюють на державному рівні	Висока
2.	Магазини	20%	35%	Достатня конкуренція, оскільки більшість конкурентів працюють на державному рівні	Середня

Вибрано стратегію концентрованого маркетингу для охоплення внутрішнього ринку.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 8.11).

Таблиця 8.11. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Загартбник	Концентрований	Ідеальне для клієнта співвідношення ціна/якість	Стратегія спеціалізації

		маркетинг		
--	--	-----------	--	--

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.12).

Таблиця 8.12. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є «першопрохідцем»?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні	Пошук нових клієнтів	Копіювання послуг на ринку, а саме аудит підприємства	Стратегія наслідування лідера хто лідер?

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. таблиця 8.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.11) та стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.12) розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.13). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельний проект.

Таблиця 8.13 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	1.Аргументована ціна. 2.Супроводження товару 3. Необхідна якість	Стратегія концентрації	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Можливість економити на ресурсах 3. Програми	1. Висока якість та надійність обладнання 2. Тривалі контракти. 3. Програми лояльності.

			лояльності за тривалі контракти	
			4. Супровід товару	

РОЗРОБЛЕННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ ПРОГРАМИ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.14 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.14 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує послуга	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Висока потреба в розробці простого обладнання з складними задачами	Збільшення чистого прибутку проекту. Підвищення продуктивності КРМ	Гарантія якості(виконання заданих умов), доступна ціна, надійність

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.15). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [26].

Таблиця 8.15 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Послуга за задумом	Збільшення продуктивності та ефективності охолодження картонного полотна, в одно час простота конструкції		
II. Послуга у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічності: зниження затрат на ремонт обладнання;	-/+	+ /+ /+ /+ /+

	2. Призначення: упакування та продаж; 3. Технологічні: оптимізації витрат праці, коштів. 4. Безпека: відповідність нормативам; 5. Екологічність: відповідність нормативам.		
	Якість: нормативи, міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Розміщення логотипа підприємства на документації		
	Марка: Київський картонний комбінат		
III. Послуга із підкріпленням	До продажу: представлення клієнту проекту		
	Після продажу: гарантійні консультації, обслуговування		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Використанням власних запатентованих розробок.			

Захист буде організовано за рахунок вчасно запатентованої ідеї товару у патентному відомстві.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (табл. 8.16). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.16 – Визначення меж встановлення цін

№ п/п	Рівень цін на товари – замінники	Рівень цін на товари – аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	40000-55000 грн	Немає	6500 тис. грн/міс	Верхня: 150000 грн Нижня: 80000 грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8. 17).

Таблиця 8.17 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
-------	---	---	----------------------	--------------------------

1.	Вивчення проблеми споживача та запропонування її вирішення	Гарантія якості, швидкість виконання, надійність, доставка	Канал нульового рівня (прямий маркетинг)	Веб ресурси, власні зв'язки
----	--	--	--	-----------------------------

При визначенні оптимальної системи збуту було вирішено, що ми будемо проводити збут через соціальну активність.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.18).

Таблиця 8.18 - Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Доступне пояснення ефективності інновацій	Спілкування як онлайн (сайти, соц.мережі) так і офлайн (зустрічі, телефонні розмови, виставки тощо). Друкована продукція (каталоги, спецвидання).	Продаж якісної установки повітряного обдуву; Чим довше партнерство, тим лояльніші ціни;	Ефективна демонстрація переваг конструкції залежно від напрямку зацікавленості клієнта	Офіційний стиль. Офіційний стиль. Наочна демонстрація даних (розрахунки, графіки, діаграми).

Результатом пункту 8.5 створено ринкову програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

Висновки до розділу

Відповідно до проведеного аналізу даний проект з надання інженерних послуг є актуальним, так як на ринку достатньо не багато конкурентів. Маючи перспективи росту на ринку послуг даний стартап є ефективним в нашій країні.

На даний проект є запатентоване дослідження, а також проведено всі перевірки ефективності.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Висновки

В магістрській дисертації освітнього ступеня «Магістр» на тему «Розроблення холодильної частини для модернізації картоноробної машини» розроблено холодильний циліндр картоноробної машини, що призначений для охолодження картону. Модернізація полягає в тому, що з метою інтенсифікації процесу охолодження картонного полотна на холодильному циліндрі становлено повітряний обдув.

Для повного розуміння призначення холодильної частини наведено опис технологічної схеми виробництва картону і місце в ній холодильного циліндра. Наведено його технічну характеристику. Проведено порівняння обраної конструкції з існуючими аналогами і виявлено, що її показники продуктивності та економічності перевищують дані значення в аналога. В результаті патентних досліджень встановлено, що пропонована холодильна група є патентоспроможною та патентоздатною.

Виконано розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції, зокрема розрахунки на міцність корпусу та кришки холодильного циліндра КРМ, розрахунок болтів та потужності приводу. Вибрано та розраховано довговічність підшипників для установки холодильного циліндру КРМ. Також надано рекомендації щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації і уніфікації холодильного циліндра та проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності модернізації.

До проекту додано креслення з відповідними специфікаціями. За результатами роботи подано заявку на деклараційний патент (u2019 05535) та тези доповідей на XXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Выводы

В магистерских диссертации образовательного степени «Магистр» на тему «Разработка холодильной части для модернизации картоноделательной машины» разработан холодильный цилиндр картоноделательной машины, предназначенный для охлаждения картона. Модернизация заключается в том, что с целью интенсификации процесса охлаждения картонного полотна на холодильном цилиндре становлении воздушный обдув.

Для полного понимания назначения холодильной части приведено описание технологической схемы производства картона и место в ней холодильного цилиндра. Приведены его техническую характеристику. Проведено сравнение выбранной конструкции с существующими аналогами и выявлено, что ее показатели производительности и экономичности превышают данные значения в аналога. В результате патентных исследований установлено, что предлагаемая холодильная группа является патентоспособным и патентоспособен.

Выполнены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции, в частности расчеты на прочность корпуса и крышки холодильного цилиндра КРТ, расчет болтов и мощности привода. Выбрано и рассчитано долговечность подшипников для установки холодильного цилиндра КРТ. Также даны рекомендации по монтажу и эксплуатации, определен уровень стандартизации и унификации холодильного цилиндра и проведения технико-экономическое обоснование целесообразности модернизации.

К проекту добавлен чертеж с соответствующими спецификациями. По результатам работы подана заявка на декларационный патент (u2019 05535) и тезисы докладов на XXIV всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Conclusion

In the Master's Thesis of Master's Degree on "Development of Refrigeration Unit for Cardboard Machine Modernization" a cardboard machine refrigeration cylinder is designed to cool cardboard. The modernization is that in order to intensify the process of cooling the cardboard web on the refrigerating cylinder air blower was made.

For a complete understanding of the purpose of the refrigeration part, a description of the technological scheme for the production of cardboard and the place in the refrigeration cylinder. Its technical characteristics are given. Comparison of the selected design with existing analogues is carried out and it is found that its performance and efficiency indicators exceed the values given in the analog. As a result of patent research, it has been found that the proposed refrigeration group is patentable and patentable.

The calculations confirming the working capacity and reliability of the design, in particular the calculations for the strength of the housing and covers of the cooling cylinder of the KRM, the calculation of bolts and the power of the drive. The durability of the bearings for the installation of the KRM refrigerating cylinder was selected and calculated. Also recommendations for installation and operation were given, the level of standardization and unification of the refrigerating cylinder was determined, and a feasibility study of the feasibility of modernization was carried out.

Drawings with appropriate specifications have been added to the project. According to the results of the work, an application for a patent patent (u201905535) and abstracts of the XXIV All-Ukrainian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists were submitted.

					ЛН82МП.705441.001 ПЗ	Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Перелік посилань

1. Фляте, Д. М. Свойства бумаги. / Д.М. Фляте – Изд. 3-е, переработаное и дополненное. – М. Лесн. пром-сть, 1986. – 680 с. : ил. ; – 3000 экз.

2. Эйдли, И. Я. Бумаго-делательные и отделочные машины [Текст] / И.Я. Эйдли. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1970 – 624 с. : ил. ; – Библиогр.: с. 610–611. – 8000 экз.

3. Чичаев, В. А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства [Текст]. В 2 т. Т. 2. Бумагоделательные машины / В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимова ; под. общ. ред. В. А. Чичаева. – М.: Лесная промышленность, 1981. – 264 с.: ил. ; – 2900 экз.

4. Інтенсифікація теплообміну при охолодженні паперового полотна [Текст] : збірник тез доповідей ХІХ всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» (12-13 грудня 2016 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К. : НТУУ «КПІ», 2016. – 181 с.

5. Корнієнко, Я. М. Процеси та обладнання хімічної технології : підруч. : у 2 ч. / Я. М. Корнієнко, Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонок та ін. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – Ч. 1. – 450 с.

6. Інтенсифікація процесу охолодження картонного полотна [Текст] : збірник тез доповідей ХХ всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» (26-27 квітня 2017р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К. : «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 141 с.

7. Патент 60155 Україна, МПК (2011.01) D21F 5/00, B21F 5/00. Циліндр для охолодження рулонного полотна при намотуванні [Текст] / Петров В.В., Федорко І.І. (UA) – № u201014361; заявл. 30.11.2010; опубл. – 10.06.2011, Бюл. № 11 – 2 с. : ил.

8. Патент 2380469 Россия, МПК D21F 5/02 (2006.01). Устройство и способ изготовления и/или отделки волокнистого полотна [Текст] / Грубернадлингер

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Т., Хальмшлагер Г. (АТ) – № 2007129847/12; заявл. 22.11.2005; опубл. – 27.01.2010, Бюл. №3.

9. Patent 8127462 USA, Int.Cl. F26B 11/02. Cylindrical dryer having conduits provided within a plurality of holding plates [Text] / Osvaldo Ricardo (AR), Richard Kenneth Haurie (US) – № 12/591126; filed 09.11.2009: Date of patent 06.03.2012.

10. Patent 203678850 U CN, Int.Cl. B21B 27/08. Roller heated based on heat conduction liquid medium [Text] / Wang Xingdong (CN), Lu Wei (CN), Huang Jun (CN) – № 201420062486; filed 12.02.2014; Date of patent 02.07.2014.

11. Patent 7802377 B2 USA, Int.Cl. F26B 11/02. Drying cylinder [Text] / Rainer Kloibhofer (AR), Christoph Haase (AR) – № 11/769819; filed 28.01.2007: Date of patent 28.09.2010.

12. Жидецкий, В. Ц. Практикум із охорони праці [Текст] : навч. посібник / В. С. Джигирей, В. М. Сторожук та ін.; За ред. В. Ц. Жидецького; – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.; – Библиогр.: с. 339–344. – 1000 экз.

13. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Павлов К.Ф, Романков П.Г., Носков А.А; Учебное пособие для вузов [Под ред. Чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова.] – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.

14. Писаренко, Г.С. Опір матеріалів: Підручник / Г.С. Писаренко, О.Л. Квітка, Е.С. Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. — 2-е вид., допов. І переробл. — К.: Вища шк., 2004. — 655 с.: іл.

15. Андреев, І.А. Методичні вказівки до практичних занять для студентів спеціальності “Обладнання лісового комплексу” з дисципліни “Розрахунки та конструювання типового устаткування”: [Електронний ресурс]: / НТУУ „КПІ”; уклад. І.А. Андреев. – Київ: НТУУ „КПІ”, 2014. – 99 с.

16. Стадник, В.А. Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю: Метод. вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Деталі машин» для студ. машинобудівних спец. усіх форм навчання/ Уклад. В.А. Стадник. – К.: ІВЦ

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

«Видавництво «Політехніка», 2004. – 108 с.

17. <http://www.skf.com> [від 20.03.2017].

18. Анурьев, В. И. Справочник конструктора–машиностроителя [Текст]. В 3 т. Т. 2. Справочник конструктора–машиностроителя / В. И. Анурьев; под. ред. И. Н. Жестковой. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. – 960 с.: ил. ; – 5000 экз.

19. ГОСТ 19523-81 Машины электрические вращающиеся от 50 до 355 габарита. Двигатели асинхронные серии 4А трехфазные с короткозамкнутым ротором. Технические условия. Взамен ГОСТ 19523–74 ; введ. 1982–01–01. Изд-во стандартов, 1985. – 49 с.

20. Кокушин Н.Н. Монтаж и ремонт целлюлозно-бумажного оборудования / Н.Н. Кокушин. – М.: Экология, 1991. – 209 с.

21. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів (для студентів інженерно – хімічного факультету) /Уклад. А. М. Задольський, О. О. Шаповаленко - К.: НТУУ «КПІ», 2010 – 15с.

22. Марчевский В.М. конструкторська документація курсових і дипломних проектів: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Норіта-плюс / Марчевский В.М. – Київ: КПІ, 2006. – 280 с.

23. ДСТУ ГОСТ 7.1–2006. Бібліографічний запис, бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання [Текст]. Взамен ГОСТ 7.1–84 ; введ. 2004–08–01. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 64 с.

24. ДСТУ 3008-95 Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення.

25. Степанюк А.Р. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту освітньо- кваліфікаційного рівня «Бакалавр» для студентів, що навчаються за напрямом підготовки 6.050503 Машинобудування : [Електронний ресурс]: / НТУУ „КПІ”; уклад. Степанюк А.Р.– Київ: НТУУ „КПІ”, 2012. – 64 с.

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						96
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

26.Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>

27. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

28. Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266

29. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

30. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

31. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		

Додаток А
Технологічний процес виготовлення кришки головки

					ЛН82мп.705441.001 ПЗ	Арк.
						98
Зм.	Арк.	№ докум.	Піпис	Дата		